تطبيقات عملية في فيزيولوجيا الحيوان

(الحواس والفاعلات ووظائف التغذية)



كلية العلوم

قسم علم الحياة

اختصاص العلوم الحيوية والكيميائية

السنة الثالثة

فصل دراسي ثاني



تطبيقات عملية في فيزيولوجيا الحيوان
(الحواس والفاعلات ووظائف التغذية)


جامعة
حلب
١٩٥٨
UNIVERSITY
OF
ALEPPO



منشورات جامعة حلب
كلية العلوم

تطبيقات عملية في فيزيولوجيا الحيوان
(الحواس والفاعلات ووظائف التغذية)

الدكتور
محمد علي الخطيب
أستاذ مساعد في قسم علم الحياة الحيوانية

مروة البظ
قائمة بالأعمال في قسم علم الحياة الحيوانية

لطلاب السنة الثالثة والسنة الرابعة
علم الحياة/الشعبة الحيوية الكيميائية

مديرية الكتب والمطبوعات الجامعية
العام الدراسي ٢٠٠٧ــ ٢٠٠٨م


جامعة
حلب
١٩٥٨
UNIVERSITY
OF
ALEPPO

الفهرس

الموضـــــــــــــــوع	رقم الصفحة

الباب الثالث

الدم


جامعة
حلب
١٩٥٨
UNIVERSITY
OF
ALEPPO

المقدمة

يهدف هذا الكتاب إلى تجسيد المعلومات النظرية التي يتلقاها الطالب في مختلف مواضيع الفيزيولوجيا الحيوانية من خلال تجارب عملية ملموسة تُمكنه من إدراكٍ أعمق للجوانب النظرية. ومساهمة منّا في تحقيق هذا الهدف أقدمنا على إعداد بعض التجارب العملية لمقرر وظائف التغذية الحيوانية ومقرر الحواس والفاعلات، آخذين بعين الاعتبار إمكانياتنا المخبرية من الأجهزة والأدوات وحيوانات التجربة المتوفرة في بيئتنا.

استعرضنا في الباب الأول من هذا الكتاب عدداً من التجارب الحسية على الإنسان وذلك لإمكانية تطبيقها عليه ضمن الشروط الطبيعية، خاصة أنه قادر على الإفصاح عن إحساسه وإدراكه واستجاباته بالتفاهم.

ولما كانت العضلات هي الجملة الفاعلة والمنفذة لجميع الاستجابات الحركية الإرادية واللاإرادية، حاولنا في الباب الثاني إعداد أبسط التجارب المتعلقة بالعضلات المخططة الهيكلية والعضلات الملساء وعضلة القلب لإيضاح مبدأ عمل هذه الأجهزة، ومدى تأثر فعالياتها بالجهاز العصبي المركزي والهرمونات وبعض المركبات الخلطية الأخرى.

كما عرضنا العديد من التجارب المتنوعة التي تغطي بعض جوانب وظائف التغذية الحيوانية كوظائف أجهزة الهضم والدوران والتنفس والإطراح، إضافة إلى التجارب المتعلقة بالتحاليل الدموية.

وحاولنا في جميع هذه التجارب إغناء منهاج الكتاب العملي بتجارب فيزيولوجية متنوعة على الإنسان وعلى عدة أنواع من الضفادع والحشرات والقوارض والأرانب. وعمدنا في كل فصل إلى عرض مقدمة تبين الفكرة العامة للتجربة والهدف من إجرائها، إضافة إلى وصف الأجهزة المستعملة مع بيان خطوات العمل. وغالباً ما يرافق هذا العرض رسوم تخطيطية للأجهزة ولمخطط التجربة والنتائج المفروض الحصول عليها.

ونأمل بتقديم هذا العمل الذي أنجز وفقاً لمفردات مقرر وظائف التغذية الحيوانية ومقرر الحواس والفاعلات أن يكون دليلاً عملياً وعلمياً لجميع الطلاب المهتمين بعلوم الفيزيولوجيا الحيوانية والبشرية. كما نأمل أن نكون قد ساهمنا في إغناء مكتبتنا العربية بالمزيد من المؤلفات في مجال التطبيقات العملية لمخابر علوم الحياة. والله نسأل أن يتحقق الهدف المنشود من تأليفه، وأن يجد فيه القارئ العون والفائدة، والله ولي التوفيق.

المؤلفان



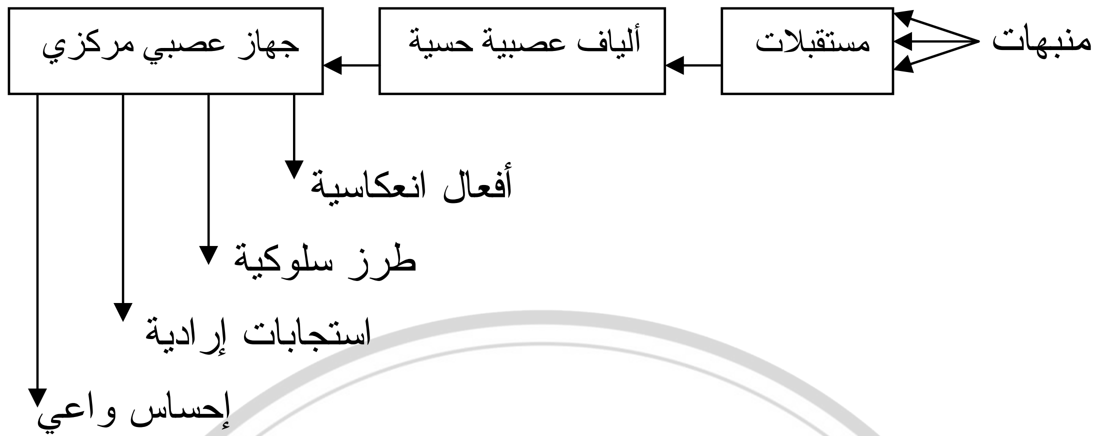
الباب الأول

فيزيولوجيا الاستقبال

الإحساس هو مقدرة الكائنات الحية على معرفة التغيرات التي تحدث في محيطها الداخلي والخارجي، ويطلق على هذه التغيرات المؤثرات أو المنبهات Stimuli. أما الخلايا التي تتأثر بهذه المنبهات فتدعى بالخلايا الحسية Receptor cells، وهي الخلايا المستقبلة لهذه المنبهات. وفي معظم الحيوانات الكثيرات الخلايا تتجمع الخلايا الحسية في مجموعات لتكوّن ما يعرف بأعضاء الحس كأعضاء حس الرؤية والسمع والذوق والشم. ويتأثر كل نوع من هذه الأعضاء بنوع خاص من المنبهات قد تكون آلية أو ضوئية أو كيميائية أو حرارية ....الخ

ويتم معرفة هذه التغيرات عن طريق الجهاز العصبي الذي يملك القدرة على التأثر بالمنبهات المختلفة المحيطة به، فيميزها ويدركها، وعلى أساس ذلك يُدفَع الكائن الحي ليتصرف بطريقة مناسبة للرد على هذه المنبهات. وبكلمة أخرى يمكن أن نقول إن أعضاء الحس هي عبارة عن أبراج مراقبة تستطلع من خلالها المتعضيات الحيوانية التغيرات التي تطرأ على الوسط المحيط بها.

وعلى المستوى الفيزيائي الحيوي تملك المستقبلات الحسية للحيوانات القدرة على تحويل بعض الطاقات المنبهة البيئية إلى طاقة كهربائية تظهر أولاً على هيئة كمونات استقبال تكون أساساً لدفعات كهربائية Electrical impulses تُعرف باسم كمونات الفعل Action potentials. تنتقل كمونات الفعل عبر الألياف الحسية أو الألياف الواردة Afferent إلى الجهاز العصبي المركزي الذي يعمل على استقبال جميع المعلومات القادمة إليه من أعضاء الحس فيحللها ويكاملها وينسقها، ويتم إدراكها وفهمها، ومن خلال ذلك يُقدّر الحيوان رد الفعل المناسب عليها. ويظهر رد فعل المتعضيات الحيوانية على هيئة أفعال انعكاسية Reflex أو طرز سلوكية أو إدراك حسي أو عمليات تعليمية تُخزّن في ذاكرة الفرد لتكسبه التجارب الشخصية طيلة حياته.

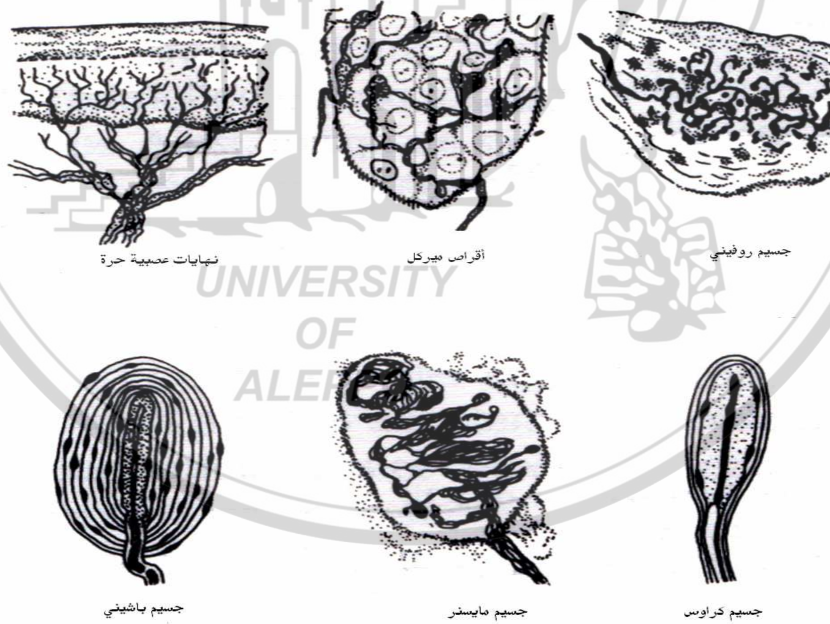


وتتلقى الأعضاء الفاعلة كالعضلات والغدد الايعازات العصبية المنظمة لعملها عبر الألياف العصبية المحركة أو الصادرة Efferent، فالعضلات تستجيب بالتقلص لتنتج حركات معينة ومفيدة .وتستجيب الغدد بإفراز منتجاتها في الوسط الخارجي للمتعضية أو في وسطها الداخلي.

وتبدو وظائف أعضاء الحس واضحة في الحيوانات، وعلى الأخص في الإنسان لأنه يمكن إيضاح هذه الوظائف لديه بالتجربة أكثر من إمكانية إيضاحها في الحيوانات الأخرى، لأن الإنسان يمكنه الإفصاح عن استجاباته بالتفاهم لغوياً مع المجرب، لذلك سنهتم بإجراء بعض الاختبارات الحسية على الإنسان بالدرجة الأولى ثم الحيوان، بالإضافة إلى دراسة بنية أعضاء الحس.

الفصل الأول
فيزيولوجيا المستقبلات الجلدية وبنيتها عند الإنسان

يحوي الجلد مستقبلات آليــة يتــأثر بعــضها بالمنبهــات الآليــة كجــسيمات مايسنر Meisneir's corpuscles التي تتأثر باللمس، وجــسيمات باشــيني Pacinian corpuscles التي تتأثر بالضغط العميق، وأقراص ميركل Merkel disks التي تتــأثر بالضغط الخفيف، والضفائر العصبية لجذور الشعر الذي يكسو الجلد، كما يحوي الجلد مستقبلات تتأثر بتبدلات الحرارة كجسيمات روفيني Ruffini corpuscles التي تتــأثر بالسخونه، ونهايات بصيلات كراوس Krause end-bulbs التي تتأثر بالبرودة، وهناك نهايات الأعــصاب الحــرة Free nerve endings المتخصــصة بالإحــساس بــالألم (شكل ١) .



الشكل رقم (١): يوضّح أنماط المستقبلات الجلدية عند الإنسان.

ويجدر بنا أن نذكر أن حس اللمس يتميز بكونه نقطياً وهــو يــرتبط بالدرجــة الأولى بجسيمات مايسنر وأقراص ميركل، وتختلف غزارة هذه البنى من منطقة إلــى أخرى في الجسم، فهي غزيرة في ذرى الأصابع وفــي راحــة اليــد وذروة اللــسان

والشفاه. أما حس الضغط فهو بقعي بمعنى أن ساحة إحساس المستقبل الواحد يمكن أن تتناول مساحة من الجلد أكبر من ساحة إحساس مستقبل اللمس الواحد. ويعود الإحساس بالضغط بالدرجة الأولى إلى جسيمات باشيني التي توجد تحت أدمة الجلد وفي الأحشاء وحول المفاصل وأوتار العضلات

سندرس هنا المظاهر الموضعية للإحساس باللمس والضغط بالإضافة إلى دراسة مقاطع في الجلد للتعرف على أنواع المستقبلات الموجودة في الجلد.

هدف التجربة:

التعرف على عتبة التمييز المكاني لحس اللمس والضغط.

الأدوات المستخدمة:

منديل لتعصيب العينين ـ فرجار ذو رأسين مؤنفين ـ قلم حبر ناشف أزرق ـ قلم حبر ناشف أحمر ـ مسطرة.

التجربة الأولى
قياس عتبة التمييز المكاني لحس اللمس
أو ما يُعرف بالقوة الفاصلة لحس اللمس

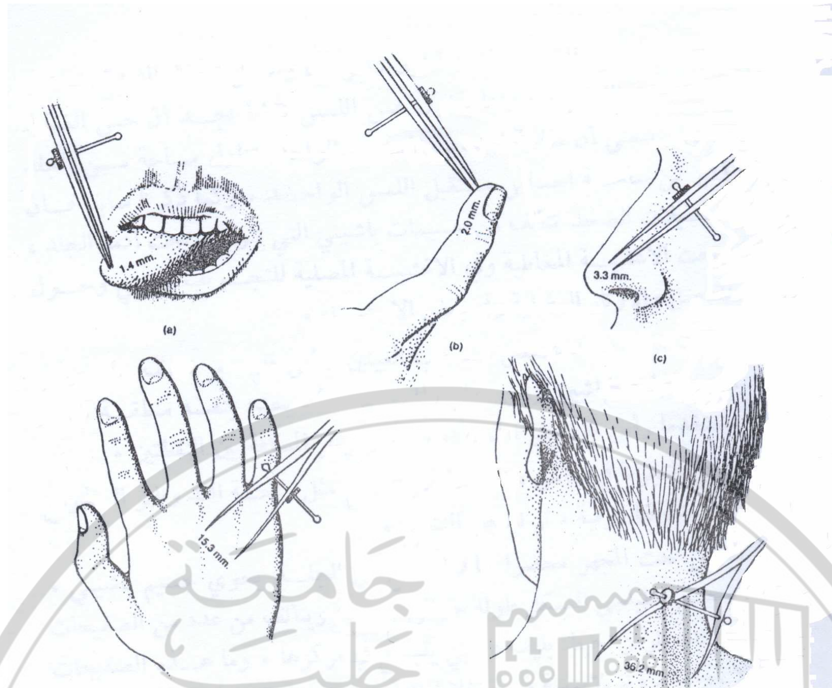
طريقة العمل:

١ـ استخدم فرجاراً ذا رأسين مؤنفين وباعد بين الرأسين مسافة (١) ملم.

٢ـ عصب عيني الشخص المفحوص بمنديل واطلب منه إعلامك بإحساسه هل شعر بنقطة تماس واحدة أم بنقطتين في كل مرة يلامس بها الفرجار جزءاً من جسمه؟

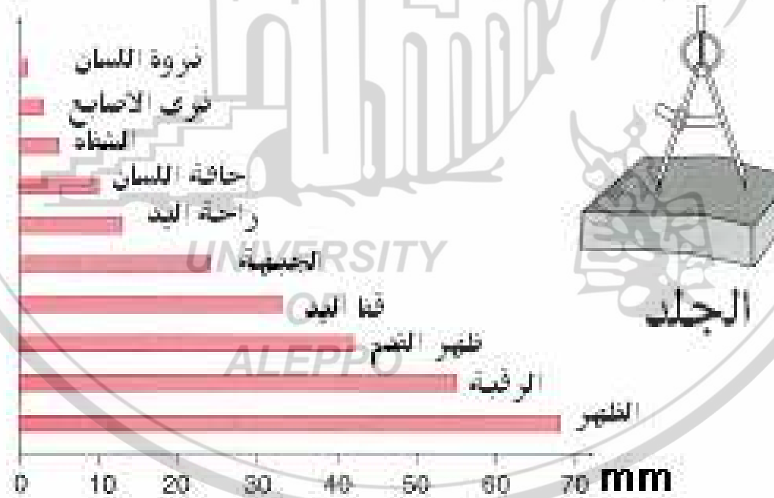
٣ـ ابدأ ملامسة رأسي الفرجار لذروة اللسان، فإذا كان إحساس الشخص المفحوص لرأسي الفرجار بنقطة تماس واحدة، باعد قليلاً وتدريجياً بين رأسي الفرجار في كل مرة يشعر بها بنقطة تماس واحدة، حتى تصل المسافة بين الرأسين إلى القدر الذي يُعلمك به بإحساسه بنقطتين للتماس نتيجة ملامسة رأسي الفرجار لذروة اللسان. وتُعرف هذه المسافة بالقوة الفاصلة لحس اللمس. سجل النتيجة وذلك بقياس المسافة بين رأسي الفرجار الذي أظهر هذه النتيجة. أما دون هذه المسافة فإن المفحوص يشعر بنقطة تماس واحدة لأن الرأسين يتناولان مسافة تقل عما نسميه القوة الفاصلة لحس اللمس في اللسان. وترتبط هذه المسافة بكثافة مستقبلات اللمس في ذلك العضو (الشكل٢).

٤ـ كرر الخطوة السابقة من التجربة على مناطق مختلفة من الجسم كذرى الأصابع وراحة اليد والجبهة والجزء الخلفي من الرقبة وساعد اليد وغيرها من مناطق الجسم. وحدد في كل مرة القوة الفاصلة لحس اللمس، والتي من خلالها يُعلمك الشخص المفحوص بإحساسه بنقطتين للتماس.



الشكل رقم(٢): يبين اختلاف القوة الفاصلة لحس اللمس باختلاف مناطق جسم الإنسان.

٥ــ بوّب النتائج في جدول مناسب وفسّرها (الشكل ٣).



الشكل رقم (٣): تخطيط يوضّح القوة الفاصلة لحس اللمس

في مناطق مختلفة من الجسم.

ملاحظة : للتحقق من دقة جواب الشخص المفحوص والتأكد من أمانة النتيجة، يمكنك بين الحين والآخر أن تلمس ذلك الجزء من جسم الشخص برأس واحد من رأسي الفرجار.

التجربة الثانية

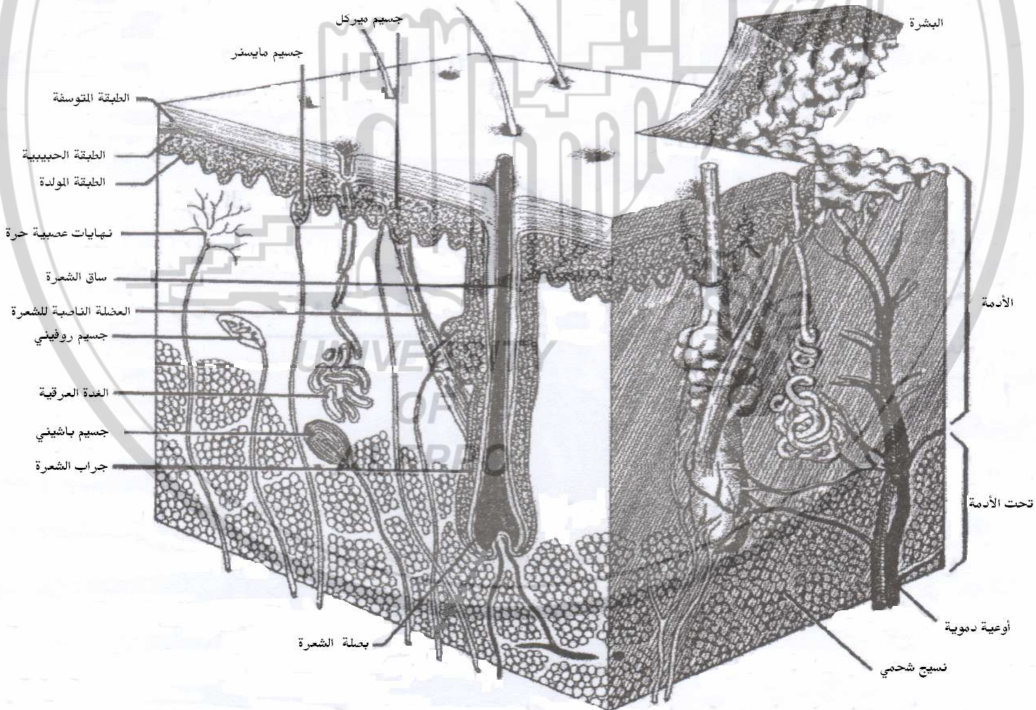
قياس عتبة التمييز المكاني لحس الضغط

١- اضغط على جلد شخص معصوب العينين برأس قلم حبر ناشف أزرق ثم اطلب منه أن يحدد بنفسه منطقة التأثير مستخدماً رأس قلم حبر ناشف أحمر.

قس المسافة بين النقطتين، حيث يمكنك من خلالها تقدير ساحة الاستقبال الواحدة لمستقبلات الضغط.

٢- اجر التجربة ذاتها في مناطق مختلفة من الجسم مثل راحة اليد وظهر اليد وظهر الذراع والعضد والجزء الخلفي من الرقبة والساق، ثم سجل النتائج وبوبها في جدول مناسب.

٣-ادرس محضراً جاهزاً لمقطع في الجلد يحوي جسيم باشيني (الشكل٤).



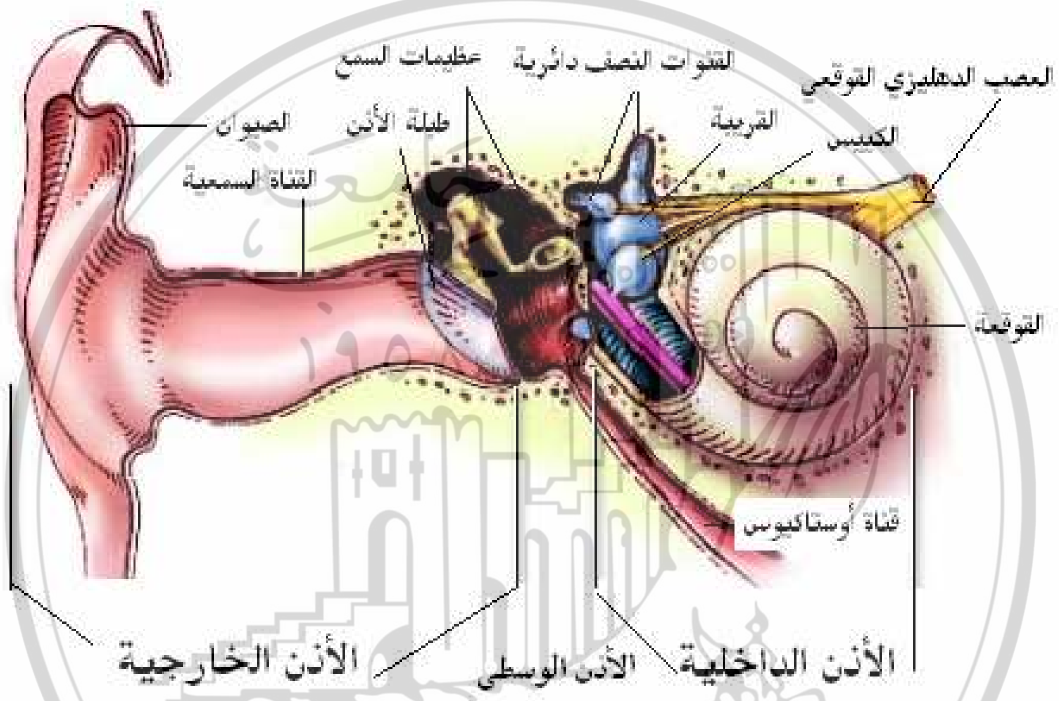
الشكل رقم(٤): تخطيط يوضح أماكن توضع المستقبلات الجلدية في جلد الإنسان.


جامعة
حلب
١٩٥٨
UNIVERSITY
OF
ALEPPO

الفصل الثاني

الاستقبال الصوتي عند الإنسان

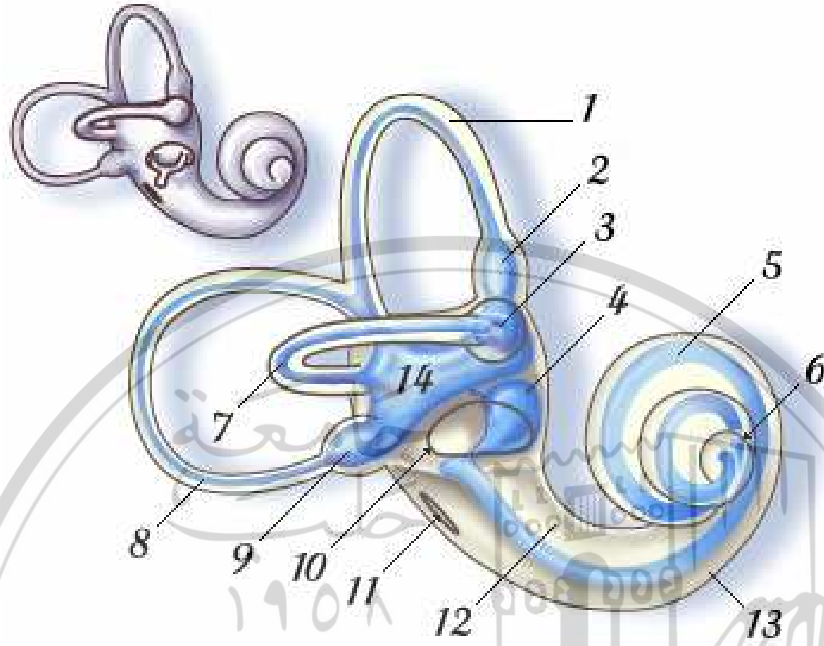
يتم السمع عند الإنسان والثدييات الأخرى عن طريق الأذن. وتتكون الأذن من ثلاثة أقسام هي الأذن الخارجية والأذن الوسطى والأذن الداخلية (شكل٥).



الشكل رقم (٥): البنية التشريحية لأذن الإنسان.

تتركب الأذن الخارجية من صيوان غضروفي وظيفته جمع الاهتزازات الصوتية وتوجيهها إلى مجرى السمع، وينتهي مجرى السمع بغشاء الطبل الذي يتأثر بالاهتزازات الصوتية .أما الأذن الوسطى فهي عبارة عن تجويف مملوء بالهواء يحدها من الخارج غشاء الطبل ومن الداخل القوقعه، وتحوي بداخلها عظيمات السمع التي تتأثر بالاهتزازات الصوتية لغشاء الطبل وتنقلها إلى الأذن الداخلية عبر النافذة البيضية. وتتكون الأذن الداخلية من التيه الغشائي الذي يمتلئ باللمف الداخلي. ويتوضع التيه الغشائي ضمن التيه العظمي في الجمجمة. ويمتلئ الحيز الممتد بين التيهين باللمف الخارجي. وفيما يتعلق بالتيه الغشائي فهو يتكون من القنوات النصف دائرية (وعددها ثلاث) والدهليز والقوقعة. يحوي الدهليز والقنوات النصف دائرية على

خلايا حسية تتأثر بالجاذبية الأرضية والحركات الدورانية، وهي المسؤولة عن حس التوازن الساكن والحركي. أما القوقعة فتحتوي على الخلايا الحسية السمعية (شكل٦).



الشكل رقم(٦): بنية التيه الغشائي عند الثدييات(١،٨،٧. قنوات نصف دائرية. ٩،٣،٢. الحبابات. ٤. الكييس. ٥. المجرى القوقعي. ٦. القوقعة. ١٠. النافذة البيضية. ١١. النافذة المدورة. ١٢. المجرى الدهليزي. ١٣. المجرى الطبلي. ١٤. القريبة)

أما عن آلية السمع، فتعمل الأمواج الصوتية التي تدخل مجرى السمع على إحداث اهتزاز في غشاء الطبل، وينتقل هذا الاهتزاز إلى عظيمات السمع التي تعمل على تضخيمها وإيصالها إلى النافذة البيضية، فاللمف الخارجي للمجرى الدهليزي في قوقعة الأذن، ومنه إلى اللمف الخارجي للمجرى الطبلي، فيتجاوب معها الغشاء القاعدي الذي يضم عضو كورتي الحامل لخلايا حسية مهدبه، مما يؤدي إلى ثني أهداب الخلايا الحسية نتيجة ملامستها للغشاء الساتر. ويعد انثناء أهداب الخلايا الحسية منبهاً ًآلياً للخلايا الحسية، ويؤدي ثنيها إلى نشوء كمونات استقبال ميكروفونية، ينتج عنها توليد كمونات فعل في الألياف العصبية المنبهة، تنتقل عبر العصب السمعي إلى جذع الدماغ، ومنه إلى القشرة المخية حيث يتم استقبالها وإدراكها.

وسنتناول في هذه الجلسة دراسة بنية قوقعة الأذن عند الإنسان ودراسة بنية عضو كورتي، بالإضافة إلى بعض التجارب الفيزيولوجية الخاصة بالسمع.

التجربة الأولى
الكشف عن سلامة السمع

تهدف هذه التجربة إلى التعرف على سلامة السمع والكشف عن وجود أي خلل فيه.

طريقة العمل:

١ـ اعصب عيني الشخص المفحوص، وسد إحدى أذنيه بقطعة قطن، ثم قرب ساعة من أذنه الأخرى ليتمكن من سماع صوت دقاتها بوضوح. أبعد بعد ذلك الساعة عن أذنه. وقس بعد الساعة عن الأذن لحظة انعدام سماعها. أعد التجربة ثلاث مرات واحسب متوسط المسافة.

٢- كرر التجربة على الأذن الثانية بعد سد الأذن التي سبق فحصها. سجل النتائج، وبوبها في جدول مناسب.



التجربة الثانية

الكشف عن انتقال الأمواج الصوتية في الهواء والعظام

تهدف هذه التجربة إلى الكشف عن إمكانية انتقال الأمواج الصوتية عبر عظام الجمجمة، والمقارنة بين انتقال الصوت في الهواء والعظام.

طريقة العمل :

١ـ أغلق أذنيك بقطعتي قطن، ثم اضرب شوكة رنانة Tuning fork بالطاولة، وضعها على مناطق مختلفة من الجمجمة كالعظم الصدغي والعظم الجداري والعظم القفوي والجبهي (الشكل٧). ولاحظ إمكانية سماع صوت الشوكة الرنانة عبر عظام الجمجمة، لأن الأمواج الصوتية يمكنها أن تنتقل عبر الأجسام الصلبة، وبما أن الأذن الداخلية تقع ضمن التيه العظمي للعظم الصدغي، فإن الاهتزازات المارة في عظام الجمجمة يمكنها إحداث اهتزازات في اللمف داخل القوقعة والتأثير على الخلايا الحسية لعضو كورتي، وبالتالي يمكن سماع الصوت.



الشكل رقم (٧): تخطيط يوضح اختبار رينيه على أذن الإنسان للمقارنة بين الانتقال الهوائي للصوت وانتقاله العظمي.

٢ــ اترك الشوكة الرنانة المهتزة ملامسة للعظم حتى يضعف سماعها، ثم قرّبها من الأذن بعد رفع قطعة القطن منها، وراقب ما إذا كان انتقال الصوت في الهواء أفضل منه في العظم أو العكس.

٣ــ ضع ساق شوكة رنانة مهتزة على النتوء الخشائي Mastoid process للعظم الصدغي (شكل٧) ولاحظ أن صوت اهتزازها يسمع بوضوح. وإذا أبقيتها حتى يتلاشى سماع صوتها، ثم نقلتها إلى محاذاة فتحة الأذن الخارجية تجد أن صوتها يعود فيسمع لفترة أطول. وهذا يدل على أن السمع عبر الطريق الهوائي أجدى من السمع عبر الطريق العظمي.

أما إذا حدث وفحص شخص مصاب بصمم توصيلي ناتج عن أمراض في الأذن الوسطى فإننا نجد سمعه للأصوات المنقولة عبر العظم يكون أفضل مما هو عليه بالطريق الهوائي. في حين أن الشخص المصاب بصمم مركزي ناتج عن تلف القوقعة أو العصب السمعي أو المركز العصبي فإنه لا يسمع الأصوات المنقولة بأي من الطريقين الهوائي والعظمي، وهذا ما يعرف باختبار رينيه على أذن الإنسان.

٤ــ ادرس تحت المجهر محضراً جاهزاً لمقطع في قوقعة الأذن الداخلية بالتكبير الصغير، ولاحظ وجود عدة دوائر تشير إلى المسار اللولبي للقوقعة حول المحور المركزي (شكل٨) ثم ركز الدراسة على إحدى هذه الدوائر للتعرف على المجريين الطبلي والدهليزي والقناة القوقعية بمكوناتها المختلفة مع الغشاء القاعدي وغشاء رايسنر والغشاء الساتر.

الشكل رقم(٨): مقطع في قوقعة أذن الإنسان.

ركّز الدراسة بالتكبير الأعلى على عضو كورتي للتعرّف على الخلايا الحسية والمكونات الأخرى لهذا العضو(شكل ٩).

الشكل رقم(٩): رسم توضيحي يبين البنية المجهرية لعضو كورتي.

الفصل الثالث

الاستقبال التوازني الساكن والحركي في الضفدع

إن الحفاظ على توازن الجسم أثناء السكون والحركة يتم بردود فعل انعكاسية معقدة غير إرادية تعرف بالمنعكسات التوازنية. ويتطلب المنعكس التوازني سلامة أعضاء حس التوازن الساكن والحركي. وتتكون أعضاء حس التوازن الساكن من البقع التوازنية (الكُييس والقُريبة) الموجودة في التيه الغشائي للأذن الداخلية، وهي تتأثر بالجاذبية الأرضية وانحرافات وضعية الجسم. أما أعضاء حس التوازن الحركي فتتكون من القنوات النصف دائرية للأذن الداخلية التي تتأثر خلاياها الحسية بالحركات الدورانية. كما يتطلب المنعكس التوازني سلامة المراكز العصبية المسؤولة عن هذه المنعكسات، وسلامة اتصالاتها مع كل من أعضاء حس التوازن والعضلات التي تنفذ الاستجابات.

ترسل المستقبلات التوازنية الساكنة سيالات عصبية تلقائية Spontaneous (بدون تنبيه) إلى الجهاز العصبي المركزي عبر العصب الدهليزي، وهي تعمل على دوران الجسم إلى الجهة المعاكسة لجهة التيه المعني. أي أن الفعالية التلقائية للتيه الأيسر تبعث عند الحيوان ميلاً للدوران نحو اليمين (باتجاه عقارب الساعة)، في حين تبعث الفعالية التلقائية للتيه الأيمن ميلاً للدوران نحو اليسار(بعكس عقارب الساعة). وهكذا يتعادل الميلانان المتعاكسان ويزول تأثيرهما في حالة الوضع الطبيعي. ولكن إذا جرى استئصال أحد التيهين أو تخريبه تتوقف فعاليته المؤثرة على دوران الجسم، بينما تبقى فعالية التيه الآخر، الأمر الذي يدفع الحيوان للانفتال باتجاه التيه المخرب.

هدف التجربة:

دراسة سلوكية الوضعية وسلوكية الرأرأة في الضفدع السليم، وفي الضفدع ذاته بعد تخريب التيه الغشائي للأذن الداخلية.

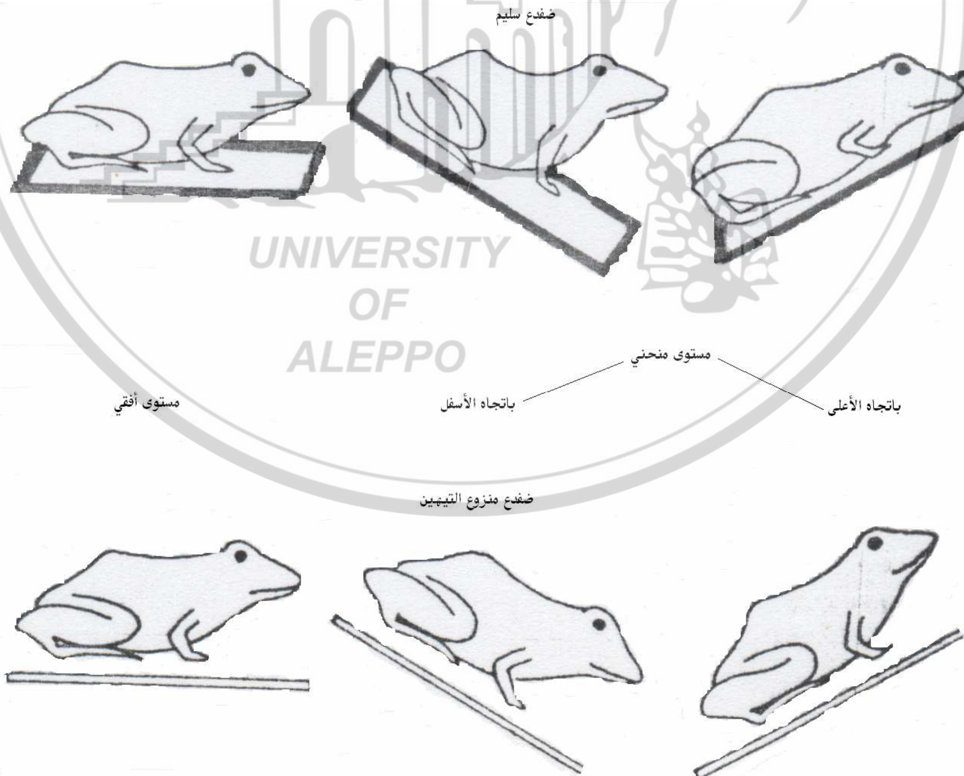
الأدوات المستخدمة :

كيموغراف ــ طبق بيتري كبير ــ بيكر سعة واحد لتــر ــ قطــن ــ ســائل رينغر ــ ايتر ــ ضفدع

طريقة العمل :

أولاً – الدراسة على ضفدع سليم:

١ــ سلوكية الوضعية : ضع ضفدعاً في طبق بيتري وغطّه بالبيكر، ولاحظ وضــعية جسمه في الحالة العادية عندما يوجد على سطح أفقي (الــشكل١٠) ثــم راقــب وضعية جسمه عند إمالة الطبق البيتري عن وضعه الأفقــي، فــإذا كــان رأس الضفدع نحو الأسفل نلاحظ أن الحيوان يستجيب مباشرة للوضع الجديــد وذلــك برفع رأسه وتمديد طرفيه الأماميين في محاولة منه لإعادة رأسه إلــى وضــعه الطبيعي. أما إذا وضع الحيوان على منحدر ورأسه باتجاه الأعلى فإنــه يحــاول تصحيح وضعه التوازني بثني طرفيه الأماميين وخفض رأسه إلى الأسفل حتــى يلامس أرض طبق البيتري.



الشكل رقم (١٠): منعكسات الوضعية في الضفدع السليم والضفدع المنزوع التيهين.

٢ــ **سلوكية الرأرأة:** وهي مجموع الحركات التي يبديها الحيــوان الموضــوع علــى سطح أفقي دوار، وتتمثل هذه الحركات بانحراف العينين وميلان الرأس بعكــس اتجاه دوران السطح الأفقي. ولدراسة هذه الظاهرة يُمكنك وضع طبــق البيتــري الحامل للضفدع والمغطى بالبيكر على اسطوانة كيموغراف. شغل الكيمــوغراف بسرعة مناسبة، ولاحظ حركة العينين والرأس في بداية الدوران (حدد اتجاه هــذه الحركة) ولاحظ أيضاً أن الحيوان يقفز من حين لآخر (حدد اتجاه هذه القفــزات) ثم حدد حركة الرأس والعينين في لحظة إيقاف دوران اســطوانة الكيمــوغراف. فسّر النتائج.

ثانياً – دراسة الفعالية التلقائية لمستقبلات الانفتال Rotation receptors في كل تيه غشائي للأذن الداخلية. ولتحقيق ذلك اتبع ما يلي:

١ــ خدر ضفدعاً، وتأكد من سلامة التخدير من خلال انعدام أفعاله الانعكاسية.

٢ــ اثقب عظام الرأس في منتصف المسافة بين حافة العين الخلفيــة وبــين الحافــة الأمامية لغشاء الطبل حيث توجد المحفظة الأذنية.

٣ــ ابحث تحت المكبرة عن القنوات النصف دائرية في الأذن الداخلية واستأصلها، ثم انتظر بعض الوقت حتى يزول تأثير المخدر وصدمة العمل الجراحي عن الحيوان. راقب بعد ذلك سلوك الحيوان، ولاحظ أنه يدور باتجاه الجانــب المخــرب .فــسّر النتيجة.

٤ــ خرب القنوات النصف دائرية في الأذن الأخرى أو استأصــلها، ولاحــظ توقــف دوران الحيوان باتجاه معين. فسّر النتيجة.

٥ــ ادرس حركات الرأرأة على الحيوان الذي خُرب لديه التيهان، وقارن النتائج مــع تلك التي لاحظتها على الحيوان السليم. ماذا تستنتج ؟

٦ــ ادرس منعكسات الوضعية في الحيوان المخرب التيهين، وقارن النتائج مــع تلــك التي لاحظتها على الحيوان السليم .فسّر النتائج.

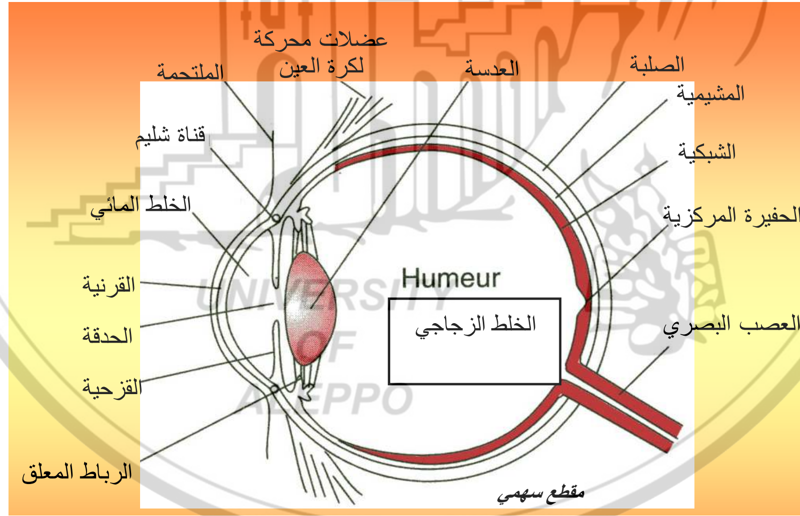

جامعة
حلب
١٩٥٨
UNIVERSITY
OF
ALEPPO

الفصل الرابع
الاستقبال الضوئي في الثدييات

العين هي عضو الرؤية عند الحيوانات، ومن خلالها يتمكن الإنسان والحيوان من رؤية عالمه المحيط وتمييز أشكال الأشياء وألوانها ومختلف خصائصها.

تأخذ عين الثدييات شكل كرة تقع ضمن التجويف الحجاجي للقحف، وهي تتحرك في جميع الاتجاهات داخل حجاج العين بوساطة ست عضلات تحيط بها من الخارج، ويلحق بالعين أيضاً الجفون والرموش والغدد الدمعية التي تفرز الدمع ووظيفته ترطيب العين وغسلها وتنظيفها من الجراثيم والغبار والمؤثرات الأخرى الضارة بالعين.

تتكون كرة العين من ثلاث طبقات يوجد بداخلها الجهاز البصري للعين (شكل ١١).



الشكل رقم (١١): مقطع سهمي في كرة العين.

تتكون طبقات العين من:

١- **الصلبة** Sclera: وهي عبارة عن نسيج ضام ليفي مقاوم يحدد شكل العين ويحميها، ويشكل القسم الأمامي من الطبقة الصلبة ما يُعرف بالقرنية Cornea التي تسمح بمرور الضوء. وتُغطى القرنية من الخارج بطبقة شفافة هي الملتحمة Conjunctiva التي تساهم في حماية السطح الأمامي للعين.

٢- **المشيمية** Choroid: وهي عبارة عن نسيج ضام رخو غني بالأوعية الدموية والخلايا الصباغية، تمتد في القسم الأمامي من العين بنسيج عضلي يُكوّن الجسم الهدبي Ciliary pody (الذي يتحكم بتغيير شكل العدسة أثناء عملية المطابقة) والقزحية Iris التي تتحكم بكمية الضوء الداخلة إلى العين عبر فتحة الحدقة، وهي تبدو كثقب يوجد وسط القزحية.

٣- **الشبكية** Retina: وهي عبارة عن نسيج عصبي يُبطن الثلثين الخلفيين لجوف كرة العين، وظيفتها استقبال الأشعة الضوئية المرئية. وتحوي الشبكية على منطقتين متمايزتين نسيجياً ووظيفياً هما الحفيرة المركزية Fovea centralis (اللطخة الصفراء) التي تتميز بغناها بالمستقبلات الضوئية، وغالباً ما يقع عليها الضوء المرئي. والثانية تدعى باللطخة العمياء لأنها خالية من المستقبلات الضوئية.

نسيجياً تتكون شبكية العين من ثلاث طبقات خلوية هي:

- طبقة المستقبلات الضوئية وتتكون من العصي Rods الحساسة للضوء الخافت. والمخاريط Cones الحساسة للضوء الشديد، وهي المسؤولة عن تمييز الألوان.
- طبقة الخلايا الثنائية القطب Bipolar cells.
- طبقة الخلايا العقدية Ganglion cells وهي خلايا متعددة الأقطاب تنطلق منها سيالات الحس البصري إلى الدماغ عبر ألياف العصب البصري.

ويتكون الجهاز البصري للعين من عدة أوساط شفافة كاسرة للضوء هي القرنية والخلط المائي والجسم البلوري (العدسة Lens) والخلط الزجاجي، وتعمل هذه الأوساط بشكل متكامل لوضع خيال الجسم المنظور على الشبكية. وإن أي خلل يصيب أحد عناصر هذا الجهاز يسبب عدم وضوح الرؤية. ولعل العدسة أهم عناصر هذا الجهاز لأنها تلعب دوراً أساسياً في عملية المطابقة Accomodation وذلك لقابلية تغيير شكلها بفضل مرونتها وبفعل تقلص العضلة الهدبية داخل العين. بينما يعمل الخلط المائي والخلط الزجاجي على الحفاظ على شكل العين والحفاظ على الضغط داخل العين.

وسنتعرف في هذه الجلسة على تركيب العين، وعلى البنية النسيجية لبعض مكوناتها، ثم نجري بعض الاختبارات الفيزيولوجية على الرؤية في الإنسان.

التجربة الأولى
دراسة النقطة العمياء في العين

تشير النقطة العمياء إلى ذلك الجزء من شبكية العين الذي تتجمع فيه الألياف المكونة للعصب البصري، وهذه المنطقة خالية من المستقبلات الضوئية. ولاختبار ذلك اتبع مايلي:

١ـ امسك لوحة بيضاء رسم عليها إشارة (+) على اليمين ودائرة حمراء على اليسار (شكل١٢) على أن تكون المسافة بين الإشارتين بحدود (١٠) سم.



الشكل رقم(١٢): مخطط لدراسة انعدام الرؤية في النقطة العمياء لعين الإنسان.

٢ـ ضع اللوحة بعيداً عن عينيك مسافة (٦٠) سم، ثم أغلق عينك اليمنى وركز النظر بعينك اليسرى على إشارة (+) ولاحظ أنك تستطيع رؤية الإشارة والدائرة معاً.

٣ـ في الوقت الذي تُحدق النظر بالعين اليسرى على إشارة (+) قرب اللوحة من عينك ببطء حتى تختفي صورة الدائرة الحمراء، استمر في تقريب اللوحة حتى تظهر الدائرة مرة ثانية. إن اختفاء صورة الدائرة يدل على أن الأشعة الضوئية المنعكسة قد سقطت على النقطة العمياء.

التجربة الثانية
تحديد القوة الكاسرة العظمى للعين

تتوافق القوة الكاسرة العظمى للعين مع أقرب مسافة من العين تُمكننا من رؤية الأشياء بوضوح. وتُعرَف هذه المسافة بنقطة الكثب، ودون هذه المسافة تصبح الرؤية مشوشة، وغير واضحة، لأن خيال الجسم المرئي سيقع عندئذٍ خلف الشبكية. وعند نقطة الكثب تصل العدسة إلى أقصى درجة من التحدب أثناء عملية المطابقة، ولا تستطيع زيادة تحدبها أكثر مع اقتراب الجسم المرئي من العين لمسافة أقل من ذلك. ويزداد بعد نقطة الكثب مع تقدم عمر الإنسان بسبب تناقص مرونة العدسة مع تقدم العمر.

١ ــ امسك لوحة بيضاء رسم عليها إشارة (×) وأغلق إحدى عينيك، ولتكن العين اليسرى، وطابق بالعين اليمنى لرؤية الإشارة (×) بوضوح.

٢ ــ قرّب اللوحة تدريجياً من العين حتى تشعر أن صورة الإشارة أصبحت مشوشة، ورؤية تفاصيل الإشارة غير واضحة. قس عندئذٍ المسافة بين العين واللوحة، وبذلك تكون قد حددت نقطة الكثب. ومنها يُمكن التعرف على القوة الكاسرة الإضافية للعين مقدرة بالكسيرات والتي تساوي مقلوب بعد نقطة الكثب. سجل النتائج، وسجل عمر الشخص المفحوص.

٣ــ أعد هذا الاختبار على العين الأخرى وسجل النتائج.

٤ــ أعد هذا الاختبار على أشخاص بأعمار مختلفة ذكوراً وإناثاً، ووضّح النتائج بمخطط بياني يُظهر العلاقة بين العمر ونقطة الكثب أو العلاقة بين العمر والقوة الكاسرة العظمى للعين.

التجربة الثالثة
دراسة منعكس الحدقة

تتأثر العين بالشدة الضوئية، وتستجيب لهذا المؤثر بتغيير فتحة الحدقة، بفضل تقلص عضلات القزحية. ويهدف هذا الفعل إلى التحكم بكمية الضوء الداخلة إلى العين وإيضاح الرؤية وحماية الخلايا الحسية للشبكية من أثر الضوء الشديد.

١ــ قف أمام مرآة ثم غط إحدى عينيك (ولتكن العين اليسرى) بيدك اليسرى وعرّض العين الأخرى لضوء مصباح يبعد عن الوجه مسافة ١٠ سم ولمدة عشر ثواني. ارفع يدك عن العين اليسرى في الوقت الذي تنظر فيه إلى المرآة، وقارن بين فتحة حدقة العين المعرضة للضوء وفتحة حدقة العين التي حجب عنها الضوء. سجل النتيجة وفسّرها.

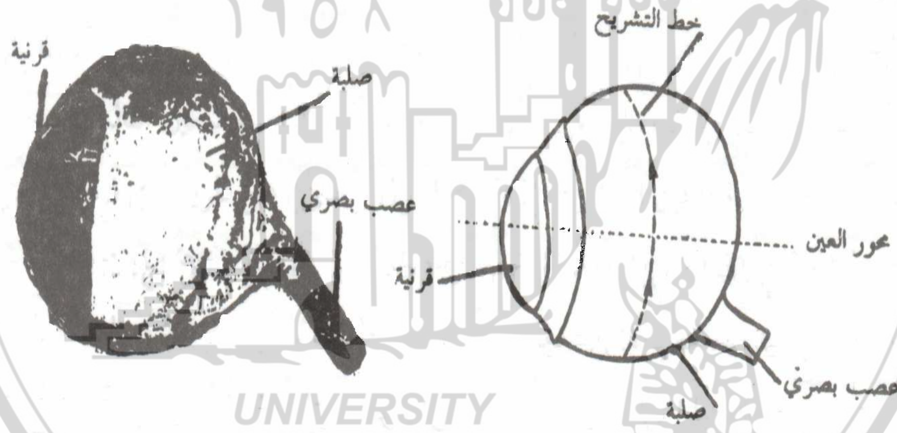
٢ــ كرر هذا الاختبار على العين الأخرى وسجل النتيجة.



التجربة الرابعة
تشريح عين البقر

١ــ خلّص كرة العين من الشحم الذي يحيط بها مستخدماً في ذلــك ملقطــاً ومقــصاً مناسبين، ثم ادرس وتفحص الشكل الخارجي للعين متبيناً قوامها ومكــان دخــول العصب البصري وشكل القزحية والحدقة.

٢ــ قص كرة العين بوساطة مقص أو مشرط في سوية خط الاستواء الأقــرب إلــى العصب البصري منه إلى القرنية (شكل١٣) فتحصل بذلك على نصف كرة عــين أمامية ونصف آخر خلفي. لاحظ قوام الخلط الزجاجي الموجــود بــداخل كــرة العين.

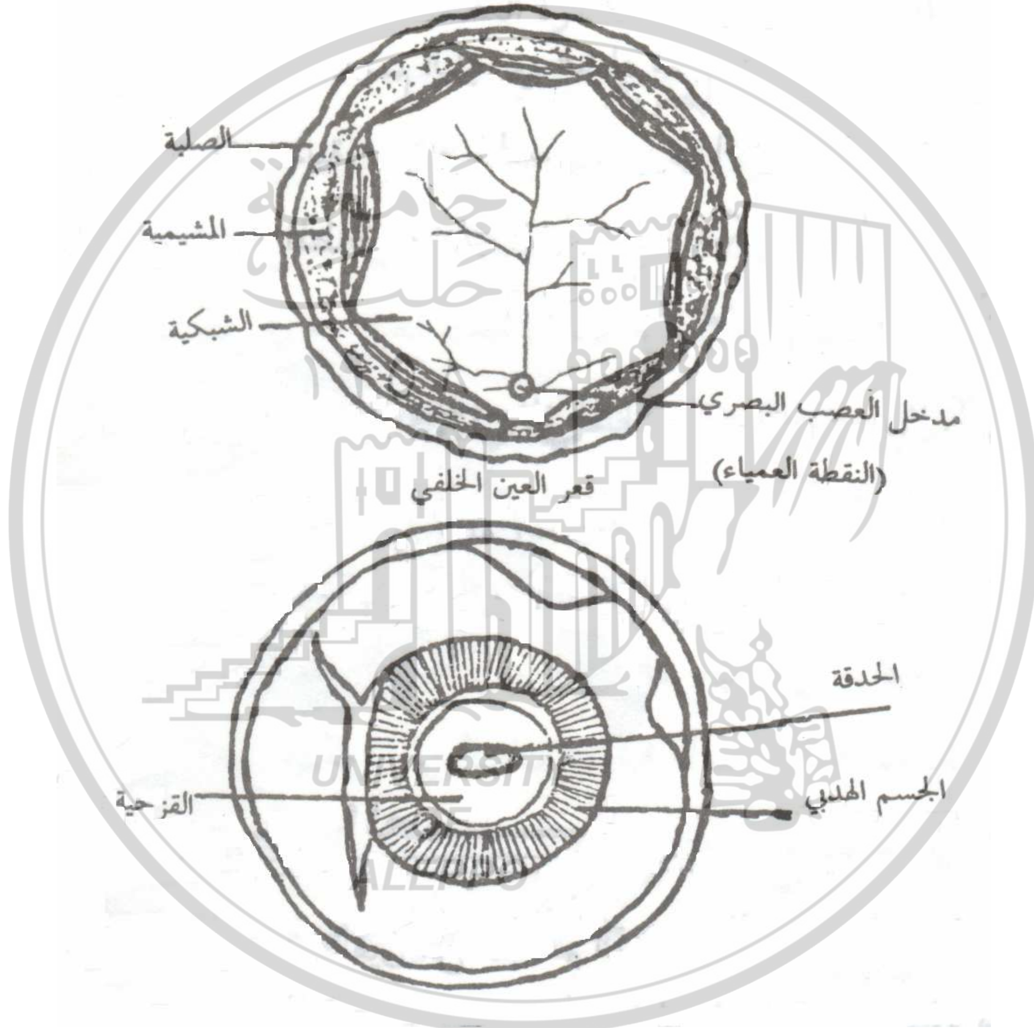


الشكل رقم (١٣): تخطيط يمثل الشكل الخارجي لعين البقر وطريقة تشريح العين.

٣ــ تفحص وادرس نصف الكرة الخلفي للعين الذي يحمل العصب البــصري وميّــز فيه النقطة العمياء، وتعرّف على الطبقات الثلاث المكونة لجدار كرة العــين، ثــم افصل طبقة الشبكية التي تبدو بلون أبيض عن المشيمية والصلبة، ولاحظ وجــود بقعة ملونة بالأزرق أو بالأخضر بعكس بقية المشيمية التي تبدو بلــون أســود، وتدعى هذه البقعة الملونة بالبساط Tapetum وهي المسؤولة عن ظاهرة اللمعان التي نشاهدها ليلاً في عيون بعض الحيوانات لدى تسليط الضوء عليها.

٤ــ ارفع الخلط الزجاجي والجسم البلوري من نصف الكرة الأمامي للعــين، ولاحــظ انطباع الجسم الهدبي على الخلط الزجاجي، وتعرّف على الوجه الأمامي والوجه الخلفي للجسم البلوري.

٥ــ تفحص الجزء الأمامي لكرة العين وادرسه، وتبين فيه الوجه الــداخلي للقزحيــة والجسم الهدبي والحدقة وطبقات جدار العين (الشكل ١٤).

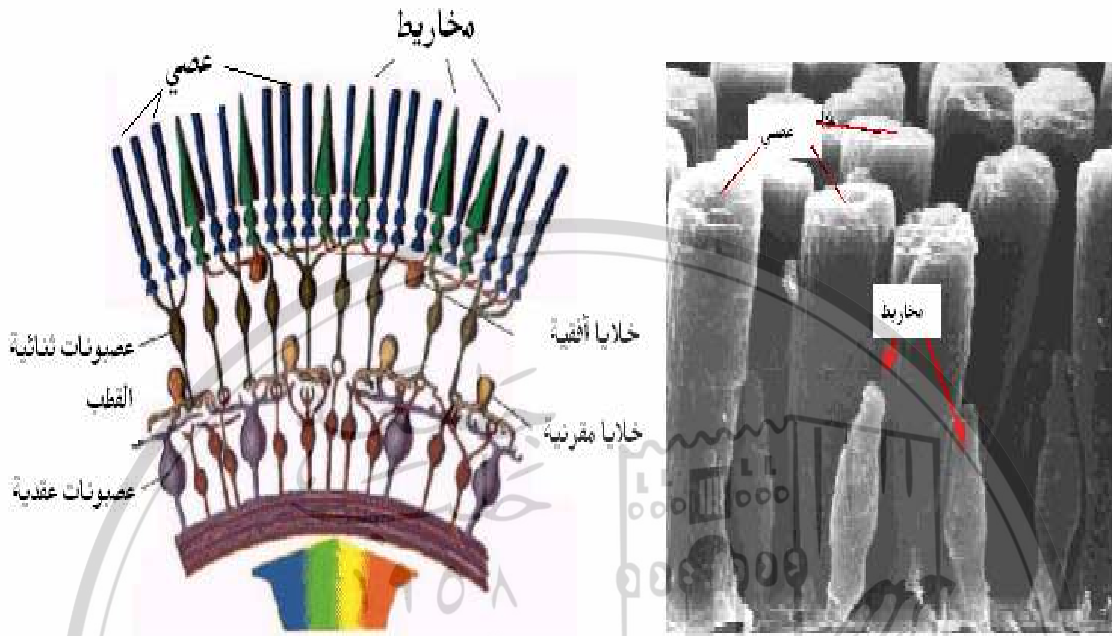


الشكل رقم (١٤): يوضح البنية الداخلية للعين المشرّحة.

٦ــ ارسم الشكل الخارجي للعين ونصفي كرة العين والبنى التي تظهر في كل قسم.

٧ــ ادرس محضراً ملوناً جاهزاً لمقطع سهمي في عين أحد الثدييات وتعرّف فيه على الأجزاء الرئيسة للعين الموضحة في الشكل رقم (١١).

٨ــ ادرس محضراً ملوناً جاهزاً لمقطع في شبكية العين وتعرّف فيــه علـــى طبقـــة العصبونات الحسية والثانوية والعقدية (شكل١٥).

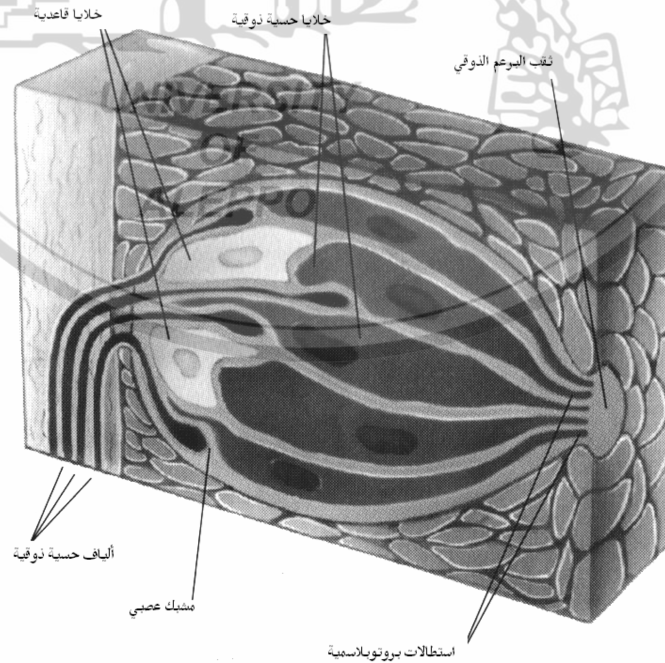


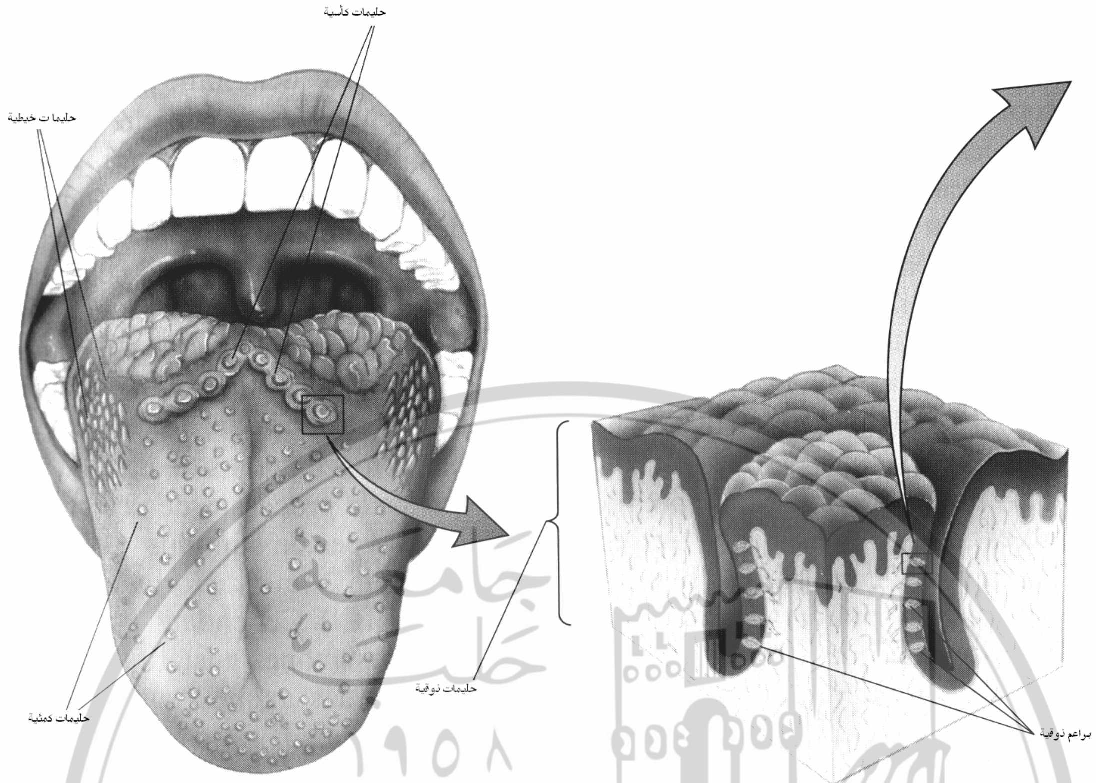
الشكل رقم(١٥): تخطيط يوضح طبقات شبكية العين
وصورة بالمجهر الالكتروني الماسح للعصي والمخاريط.

الفصل الخامس

الاستقبال الكيميائي

يعد الاستقبال الكيميائي من أكثر الحواس انتشاراً في المملكة الحيوانيـــة، إذ أن الحيوانات جميعها تستجيب للمنبهات الكيميائية بدءاً من وحيدات الخلية وحتى الإنسان. وفي الحيوانات الراقية توجد مستقبلات كيميائية داخلية تتأثر بتركيز الأوكسجين وثاني أوكسيد الكربون وشوارد الهيدروجين والهرمونـــات والنواقـــل العـــصبية وغيرهـــا . ومستقبلات خارجية تخدم حاستي الـــشم Olfaction والـــذوق Taste. فالمـــستقبلات الذوقية تتكون من خلايا حسية ثانوية تتجمع في براعم يضم كل منها(٤-١٠) خلايـــا حسية بالإضافة إلى الخلايا الداعمة. وتجتمع البراعم في حليمات تـــضم كـــل حليمـــة حوالي (٢٥٠) برعماً، وتوجد الحليمات على سطح اللسان، وعـــددها عنـــد الإنـــسان بحدود(٢٥٠) حليمة تتوزع في ثلاثة أنماط شكلية هي: الحليمات الكأســـية والكمئيـــة والخيطية (الشكل١٦).



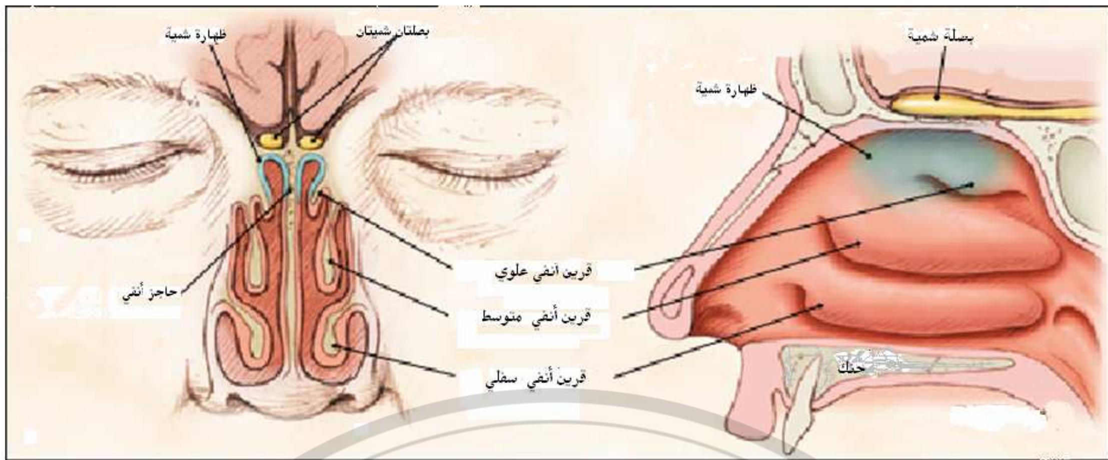


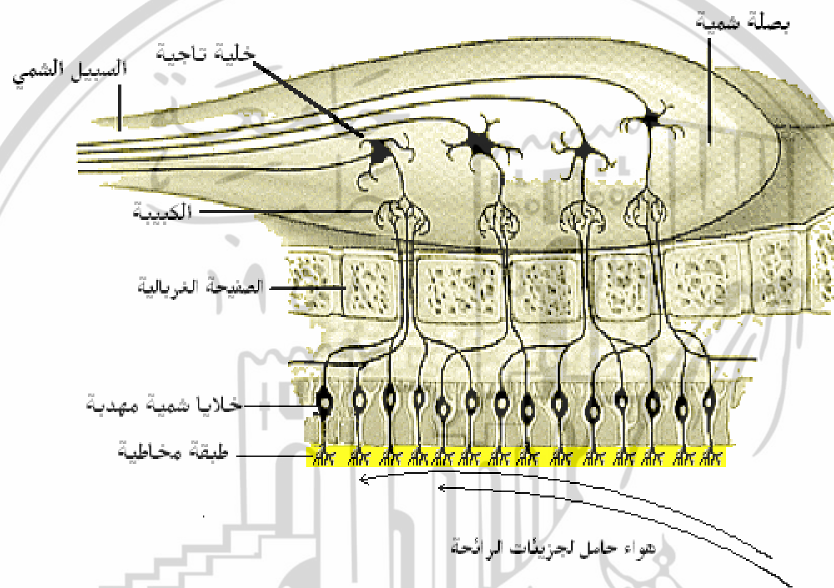
الشكل رقم (١٦): تخطيط يوضح توزع الحليمات الذوقية على سطح اللسان وبنية الحليمات الذوقية والبراعم الذوقية في الإنسان.

وتختلف البراعم الذوقية في حساسيتها للمواد الطعمية: الحلو والحامض والمر والمالح. فمستقبلات المر توجد في مؤخرة اللسان، ومستقبلات الحلو في ذروة اللسان، والمالح على كامل سطح اللسان، والحامض على جوانب اللسان.

أما عن آلية الإحساس الذوقي فيتم عبر انحلال المواد الصلبة باللعاب الذي يؤمن نقلها إلى المستقبلات الذوقية، فيتكون فيها سيالات حسية تنتقل عبر ألياف العصب القحفي السابع والتاسع إلى الجهاز العصبي المركزي.

أما حاسة الشم فتعتمد على خلايا حسية أولية ثنائية القطب توجد في الطبقة المخاطية الشمية التي تبطن المنخرين(الشكل١٧). تتأثر هذه الخلايا في الثديات الأرضية بالمركبات الكيميائية الطيارة التي يحملها هواء الشهيق أثناء التنفس إلى الأنف، وتذوب هذه المواد في السائل الذي يفرزه الغشاء المخاطي ليؤمن إيصالها إلى الخلايا الحسية الشمية ليتكون فيها سيالات حسية تنتقل عبر العصب الشمي إلى البصلة الشمية، ومنها إلى المراكز الحسية في القشرة المخية التي تستطيع تمييز الرائحة.





الشكل رقم (١٧): تخطيط يوضح مكان توضع الظهارة الشمية وبنيتها في الإنسان.

التجربة الأولى
حاستي الذوق والشم

١ــ اطلب من الشخص المفحوص أن يجفف لسانه جيداً ، ثم نذّر بعض حبيبات السكر على ذروة لسانه، ونستفسر منه عن اللحظة التي يشعر بها بطعم السكر. سجل الفترة التي لزمت لذلك ماذا تستنتج ؟

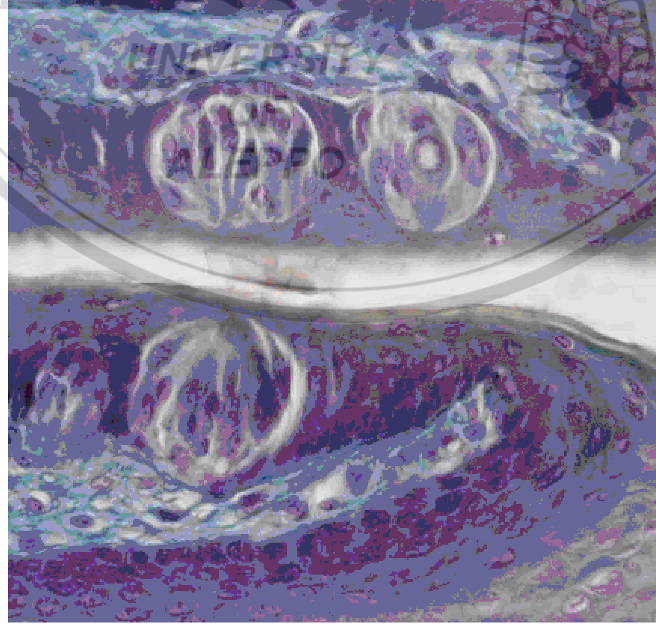
٢ــ اطلب من الشخص المفحوص أن يغسل فمه، وأن يمدّ لسانه، ثم ضع قطرة من محلول السكر على قاعدة اللسان، وأخرى على ذروته، واستفسر منه عن قوة إحساسه بالطعم الحلو في الحالتين.

٣ــ أعد الاختبار بعد غسل الفم مع استخدام محلول ملح الطعام ومحلول الكينين.

٤ــ كرر الاختبار بعد غسل الفم مع استخدام محلول حمض الخل الممدد على ذروة اللسان وجانبيه.

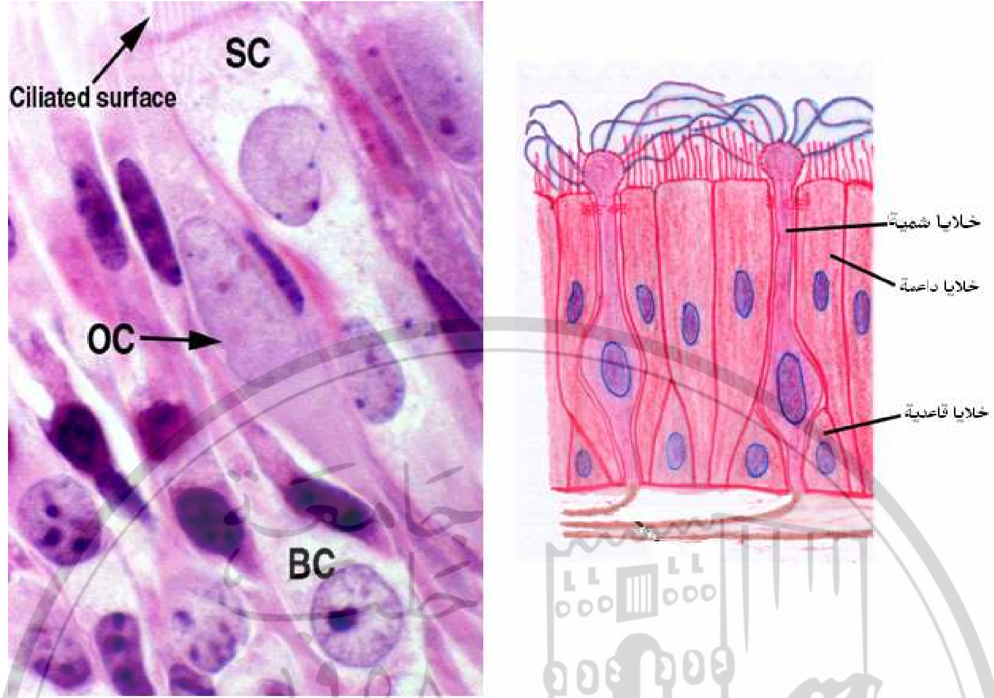
٥ــ سجل النتائج في جدول مناسب باستخدام إشارة (−)وإشارة(+) للإحساس حسب قوته. ماذا تستنتج ؟

٦ــ ادرس محضراً مجهرياً جاهزاً لمقطع في اللسان يحوي براعم ذوقية (شكل١٨) وارسمه.



الشكل رقم(١٨): صورة مجهرية للبراعم الذوقية في اللسان.

٧ــ ادرس محضراً جاهزاً لمقطع في الظهارة الشمية وارسمه (الشكل١٩).



الشكل رقم(١٩): البنية النسيجية للظهارة الشمية.




جامعة
حلب
١٩٥٨
UNIVERSITY
OF
ALEPPO

الباب الثاني

فيزيولوجيا العضلات

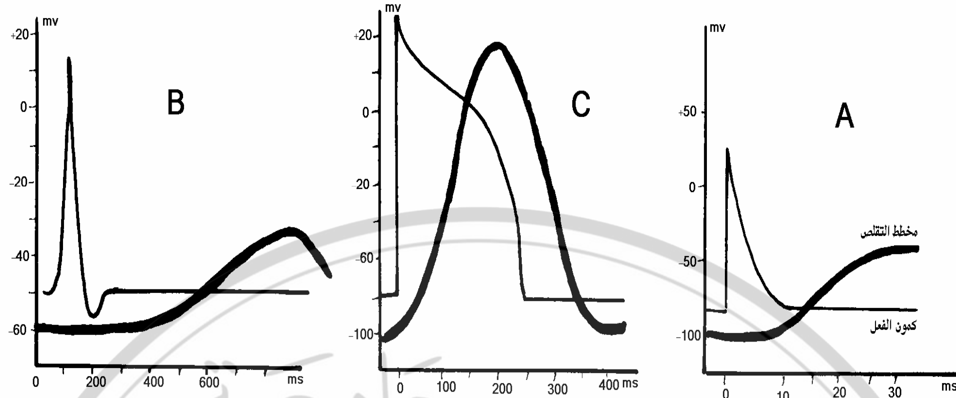
تعد الحركة في حياة الحيوان صفة عامة مميزة للحيوانات كلها، ويقع تنفيـذها على الفاعلات الحركية التي تتكون في وحيدات الخلية مـن الأهـداب أو الـسياط أو الأقدام الكاذبة، بينما تتكون في كثيرات الخلايا من خلايـا تتميـز باحتوائهـا علـى بروتينات قابلـة للـتقلص يؤلـف مجموعهـا مـا يعـرف بالنـسيج العـضلي أو العضلاتMuscules.

ويؤمن تقلص العضلات وانبساطها القوة الكافية لحركة أعضاء الجسم، وانتقال الكائن الحي وتنظيم وضعية الجسم أثناء السكون والحركة وذلـك لتـأمين اسـتجابات الحيوان لتبدلات بيئته الداخلية والخارجية.

تشبه البنية العامة لعضلات الفقاريات مثيلاتها في اللافقاريات، وينظم تقلـصها دفعات عصبية تحملها إليها ألياف العصبونات المحركة Motoneurons مـن الجهـاز العصبي المركزي، هذا من جهة. ومن جهة أخرى تشبه خلايا العـضلات مثيلاتهـا العصبية من حيث قابلية التنبيه، ويؤدي تنبيهها إلى توليـد كمونـات فعـل Action Potentials تنتشر على طول الألياف العضلية المُفعّلة والذي يعتبـر شـرطاً أساسـياً لتقلصها. هذا وتقسم العضلات اعتماداً على بنيتها النسيجية ووظيفتها إلـى عـضلات ملساء Smooth muscles وأخرى مخططة Striated muscles.

تتميز العضلات الملساء بأنها عضلات لاإرادية، يتحكم فـي تنظـيم حركتهـا الجهاز العصبي الإعاشي، وهي تدخل في تركيب جدران الأحشاء والأوعية الدمويـة والقنوات الناقلة والغدد والمثانة، ووظيفتها دفع المواد في الممرات كدفع الطعـام فـي أنبوب الهضم. تتألف العضلة الملساء من ألياف عضلية مغزلية الشكل غير مخططـة، يرتبط بعضها مع بعض بوصلات دقيقة تسمح بانتقال كمونات العمل المتولدة في أحـد الألياف إلى كامل خلايا العضلة بسرعة وسهولة. ويبلغ زمن كمون الفعل المنتشر في

ألیافھا بحدود (٥٠) میلي ثانیة، یعقبھ تقلص عضلي یظھر بعد(١٥٠) میلي ثانیة تقریباً (شكل ٢٠ ــB)، وتصل العضلة إلى ذروة تقلصھا بعد (٥٠٠) میلي ثانیة.



الشكل رقم(٢٠): مخططات بیانیة تبین العلاقة بین زمن انتشار كمون الفعل وزمن التقلص العضلي في كل من:

A ـ العضلات المخططة الھیكلیة. B ـ العضلات الملساء. C ـ عضلة القلب.

وفیما یتعلق بالعضلات المخططة فھي تضم العــضلات الھیكلیــة Skeletal muscles وعضلة القلب Cardiac muscle .

ترتبط العضلات الھیكلیة بالھیكل العظمي والغضروفي، وھي المــسؤولة عــن حركة الجذع والأطراف وأجزاء الفم والعیون. وھي عضلات إرادیة یــرتبط عملھــا بالإیعازات العصبیة القادمة من المراكز العصبیة الإرادیة. تتألف العضلة الھیكلیة مــن عدد كبیر من الألیاف العضلیة التي تمتد بجانب بعضھا البعض على طــول العــضلة، ویحتوي كل لیف على عدد كبیر من اللییفات العضلیة التي تصطف بجانــب بعــضھا على طول اللیف. ویتألف كل لییف من تداخل منتظم لخیوط رفیعة من طبیعة اكتینیــة مع خیوط ثخینة من طبیعة میوزینیة. ویحصل التقلص نتیجة انزلاق الخیوط الإكتینیة ضمن الخیوط المیوزینیة. ویبلغ زمن انتشار كمون الفعل في ألیاف العضلات الھیكلیة بحدود(١٠) میلي ثانیة، وزمن التقلص بحدود (١٥٠) میلي ثانیة (شكل ٢٠ــA).

أما عضلة القلب فھي عضلة مخططة، ولكنھا لا إرادیة، تشبھ البنیة المجھریــة لألیافھا مثیلاتھا في العضلات الھیكلیة المخططة، غیر أن ألیاف العضلة القلبیة تتفــرع وتتشابك مع بعضھا، مشكلة فیما بینھا ارتباطات دقیقة من طبیعة المشابك الكھربائیــة Electrical synapses، وعبر ھذه المشابك یتم انتقال التنبیھ المنتشر في أحد الألیــاف

بسهولة وسرعة كبيرة إلى كامل ألياف العضلة، الأمر الذي يؤدي إلى تزامن تقلصها، مما يقدم القوة الكافية لدفع الدم إلى أنحاء الجسم عبر الشرايين.

فيزيولوجياً، تختلف العضلة القلبية عن العضلة الهيكلية ببعض خواص التنبيــه. فبينما لا يتجاوز زمن كمون الفعل في ألياف العضلة الهيكلية (١٠) ميلي ثانيــة، فــإن زمن كمون الفعل في ألياف عضلة الأذينة يصل إلى (١٠٠) ميلــي ثانيــة، و(٢٠٠) ميلي ثانية في ألياف عضلة البطين (شكل ٢٠ــ C). ويلاحظ من الشكل أيضاً أن زمن تقلص ألياف عضلة القلب يترافق مع معظم زمن كمون فعل هذه الألياف، وتضمن هذه الخاصة عدم تقلص القلب تقلصاً تكززياً في الحالات الطبيعية.


جامعة
حلب
١٩٥٨
UNIVERSITY
OF
ALEPPO

الفصل الأول
دراسة تقلص العضلات الهيكلية

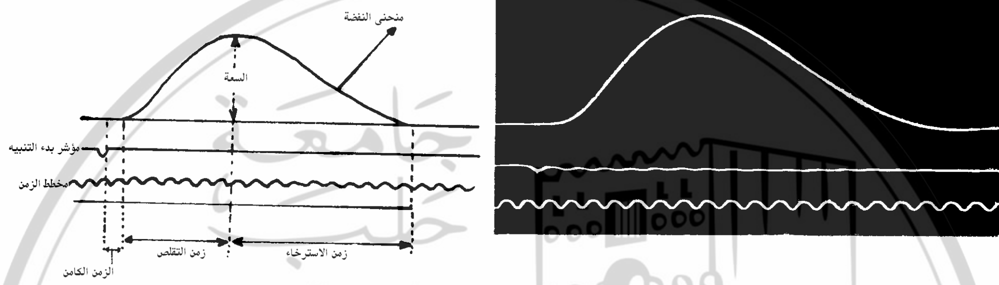
يؤدي تقلص العضلات الهيكلية إلى تقاصرها أو زيادة في توترهـا، وتـشرف الجملة العصبية المركزية في الحالات الطبيعية على فعاليتها التقلصية، إلا أنـه يُمكـن تحريض العضلات على التقلص تجريبياً باستخدام منبهات خارجية مختلفـة. وتعتبـر المنبهات الكهربائية أفضلها لسهولة التحكم بقوة Intensity الصدمات المنبهة وبـزمن تأثير الصدمات Duration of shocks المنبهة وتواترها Frequency. ونستعمل عادةً لدراسة الخصائص الوظيفية للعضلات العـضلة الـساقية البطنيـة Gastrocnemius musculus في الضفدع وعصبها المعروف باسم العصب الوركيNerve siatic وذلك لسهولة تحضير هذه العضلة وعصبها، ولإمكانية دراسة عضلات هذا الحيـوان فـي ظروف جوية متغيرة تناسب ظروف المختبر دون الحاجة لتنظيم درجة حرارة الوسط الخاص بالتجربة.

تستجيب العضلة للتنبيه الكهربائي بالتقلص سواء اسـتخدمنا طريقـة التنبيـه المباشر (تنبيه العضلة) أو التنبيه غير المباشر (تنبيه العصب الوركي). ويمكن تسجيل تقلصاتها على اسطوانة جهاز الكيموغراف التي تظهر على هيئة منحنيات تُمكننا مـن تفسير الظواهر الميكانيكية للتقلص العضلي.

نطلق على الخط البياني المرسوم على اسطوانة الكيمـوغراف أثـر تنبيـه العضلة بصدمة كهربائية واحدة قصيرة الأمد اسم النفضة العضلية Twitch أو تقلـص عضلي بسيط. ويبلغ زمنه في العضلة الساقية للضفدع حـوالي (١٥٠) ميلـي ثانيـة موزعة على ثلاثة أدوار (شكل ٢١) هي:

١ــ الزمن الكامن: وهو الزمن الذي يفصل بين بدء التنبيه وبدء تقلص العضلة، ويقدر هذا الزمن في حالة التنبيه غير المباشر لمحضر العصب والعضلة بحـدود(١٠) ميلي ثانية. وهو يتضمن فترة انتقال السيالة العصبية على طول الألياف العصبية من نقطة التنبيه وحتى النهايات المحورية للعصبونات المحركة للعـضلات، ثـم

تحرير الناقل العصبي (أستيل كولين) في الفالق المشبكي للوحات المحركة الانتهائية Motor end plates وانتشار التنبيه في ألياف العضلة، إضافة إلى الزمن الذي تحتاجه العضلة للتغلب على مقاومة ثقل الرافعة ومؤشر التسجيل المرتبط بالعضلة. أما التنبيه المباشر للعضلة فيشمل الزمن الكامن أو الفترة الضرورية لانتشار التنبيه في ألياف العضلة، وتفعيل آلة التقلص ثم تغلب العضلة على مقاومة رافعة التسجيل.



الشكل رقم (٢١): التقلص العضلي البسيط في العضلة الساقية البطنية للضفدع:

ـ على اليمين: مخطط النفضة العضلية.

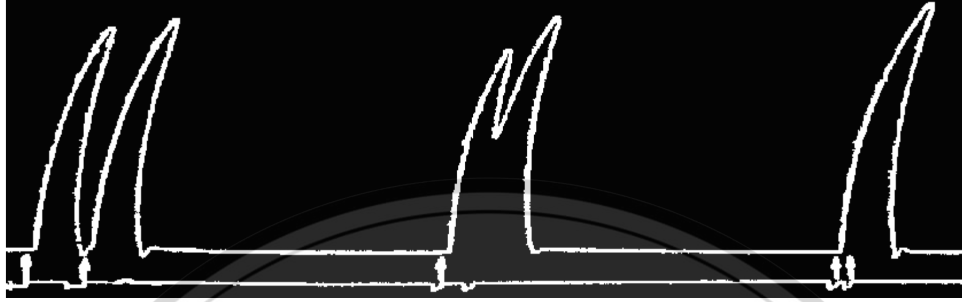
ـ على اليسار: تخطيط يبين أزمان النفضة العضلية.

٢ـ زمن التقلص: يحدث خلاله تداخل بين خيوط الأكتين والميوزين، ينتج عنه تقاصر في طول ألياف العضلة. ويتوافق زمن التقلص الذي يقدر بحدود (٦٠) ميلي ثانية مع الجزء الصاعد من المنحني.

٣ـ زمن الاسترخاء: يحدث خلاله فك الارتباط الأكتيني الميوزيني وتباعدهما عن بعضهما. ويتمثل هذا الزمن بالجزء الهابط من المخطط البياني وهو يقدر بـ(٨٠) ميلي ثانية.

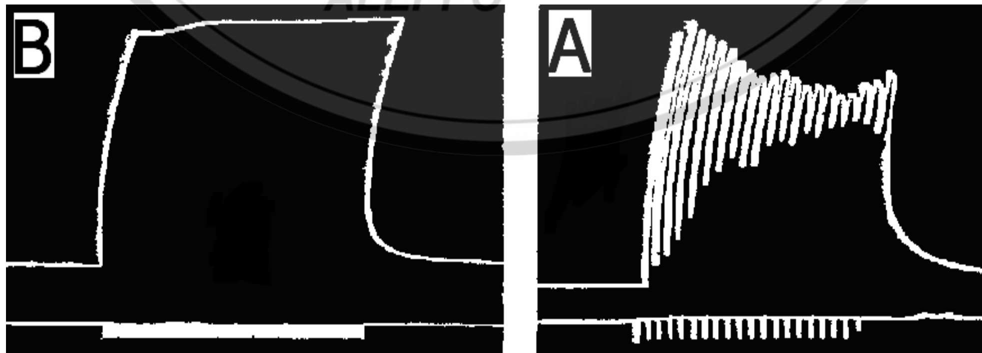
وإذا نبهنا العضلة بصدمتين متتاليتين كافيتين لتفعيل العضلة تفصل بينهما فترة زمنية تزيد على مدة التقلص العضلي البسيط. فإن كل منهما يولد استجابة عضلية خاصة به ومشابهة للأخرى (شكل ٢٢). أما إذا كان الزمن الفاصل بين الصدمتين أقل من زمن النفضة العضلية، فإن الاستجابتين تندمجان مع بعضهما البعض، وينتج عن ذلك نفضتان متداخلتان. فإذا جاء التنبيه الثاني خلال زمن استرخاء النفضة الأولى، يتشكل منحنيان ــ غير تامين ــ متداخلان، وفي هذه الحالة تبدو سعة النفضة

الثانية أكبر من سعة النفضة الأولى. أما إذا وقع التنبيه الثاني خلال طور تقلص النفضة الأولى فيحدث عندئذٍ اندماج كامل للنفضتين بنفضة واحدة تشبه الأولى باستثناء سعتها التي تبدو أكبر من سعة النفضة البسيطة.



الشكل رقم(٢٢): مخطط تقلصات عضلية بسيطة وأخرى متداخلة مع بعضها.

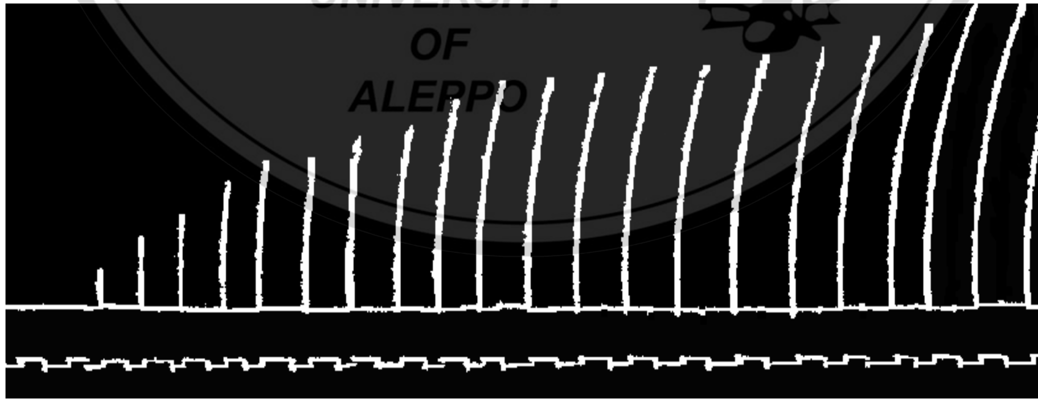
وبتكرار التنبيه المتتالي تتقلص العضلة تقلصاً تكززياً. وتختلف درجة التكزز Tetanus باختلاف تواتر الصدمات الكهربائية المؤثرة على العضلة. فإذا وقعت الصدمات المتتالية في فترات استرخاء العضلة فإن العضلة تتقلص في كل مرة بسعة أكبر من سعة تقلصاتها السابقة حتى تصل إلى مرحلة لا تزداد فيها سعة التقلص، بل تتناقص معها سعة التقلص بسبب التعب العضلي. ونطلق على هذا النمط من التكزز اسم التكزز الناقص أو غير التام (شكل ٢٣ــ A). أما إذا وقعت الصدمات المتتالية في فترات تقلص العضلة فإن العضلة تستجيب بسعتها القصوى، وهذا هو التكزز التام (شكل ٢٣ــ B) وتعتبر معظم التقلصات في العضلات الهيكلية للجسم في عداد هذا النوع من التقلص التكززي التام وذلك لتقديم القوة الكافية لحركة أعضاء الجسم وتنقله والحفاظ على قوامه.



الشكل رقم(٢٣): مخطط التكزز العضلي غير التام

في (A) والتكزز التام في(B).

ومن الخصائص التجريبية الأخرى للعضلة هو وجود علاقة بين سعة تقلص العضلة وقوة التنبيه المؤثرة فيها، فكلما ارتفعت شدة التنبيه زادت سعة تقلص العضلة (شكل ٢٤). وتفسر هذه الظاهرة طبقاً لمبدأ الكل أو العدم All or Non الذي يمكن تطبيقه على الليف العضلي تماماً كما هو الحال في الخلية العصبية، وبالاعتماد على هذا المبدأ نقول إن الصدمة المنبهة دون عتبة التنبيه لا تولد في الليف العضلي كمون فعل ولا استجابة تقلص. والصدمات ــ التي تزيد قوتها عن قوة العتبة ــ تولد في الليف العضلي كمون فعل منتشر، يعقبه استجابة بسعة قصوى. أما الصدمات في سوية عتبة Seuil التنبيه فقد تولد في الليف الواحد استجابة أو لا تولد أي استجابة، وفي حال ظهور الاستجابة فإنها تكون بسعتها القصوى. وبما أن العضلة تتألف من حزم من الألياف قد تكون متباينة في عتبة تنبيهها، ومتفاوتة في بعدها عن مسريي التنبيه في حالة التنبيه المباشر، فإن استجابتها ترتبط بقوة التنبيه. وفي هذه الحالة فإن تنبيه العضلة بشدة تيار ضعيفة دون سوية العتبة لا تثير استجابة أي من أليافها، أما تنبيه العضلة بشدة تيار في مستوى العتبة، فإن الصدمات المنبهة قد تثير فعالية عدد قليل من الألياف، وينتج عن تقلصها بسعة ضعيفة. وإذا رفعنا شدة الصدمات المنبهة فوق هذا الحد يزداد عدد الألياف المُفّعلة، ويزداد معها سعة التقلص، ويصل التقلص إلى سعته القصوى عند تفعيل كامل ألياف العضلة بتأثير قوة تنبيه محددة، لا تزداد بعدها سعة التقلص مهما بلغت شدة التنبيه(الشكل ٢٤).



الشكل رقم(٢٤): مخطط تأثير شدة التنبيه الكهربائي على سعة التقلص العضلي.

ويحتاج التقلص العضلي إلى طاقة تستمدها من أكسدة المدخرات السكرية والمركبات العضوية الأخرى الغنية بالطاقة. وينتج عن هذه الأكسدة في حال عدم إمداد ألياف العضلة بكميات كافية من الأوكسجين نواتج استقلاب سامة(كحمض اللبن Lactic acid) قد يؤدي تراكمها في الخلايا إلى تغيير درجة حموضة وسطها الداخلي، مما يؤثر سلباً على فعالية عدد من الأنزيمات التي تتوسط التفاعلات الكيميائية الحيوية لألياف العضلة، وتضعف على أثر ذلك الفعالية الميكانيكية للعضلة والتي تظهر بوضوح على مخططات التسجيل بتناقص متدرج لسعة النفضات المتتالية وازدياد أزمان ممارستها.

نذكر أخيراً أنه يمكن للعضلات أن تصاب بالشلل الحركي Motor paralysis بتأثير الكورار Curare والقلويات الكورارية المشابهة. وقد أظهر الباحث الفرنسي كلود برنارد عام ١٨٥٠ أن الشلل الناتج عن فعل الكورار لا ينتج عن تسمم الألياف العصبية ولا الألياف العضلية، وإنما ينتج عن تعطيل عملية النقل المشبكي في سوية اللوحة الإنتهائية المحركة، ويمنع بالتالي نقل الإيعازات العصبية المنتشرة في الألياف العصبية إلى العضلات.

هدف التجربة:

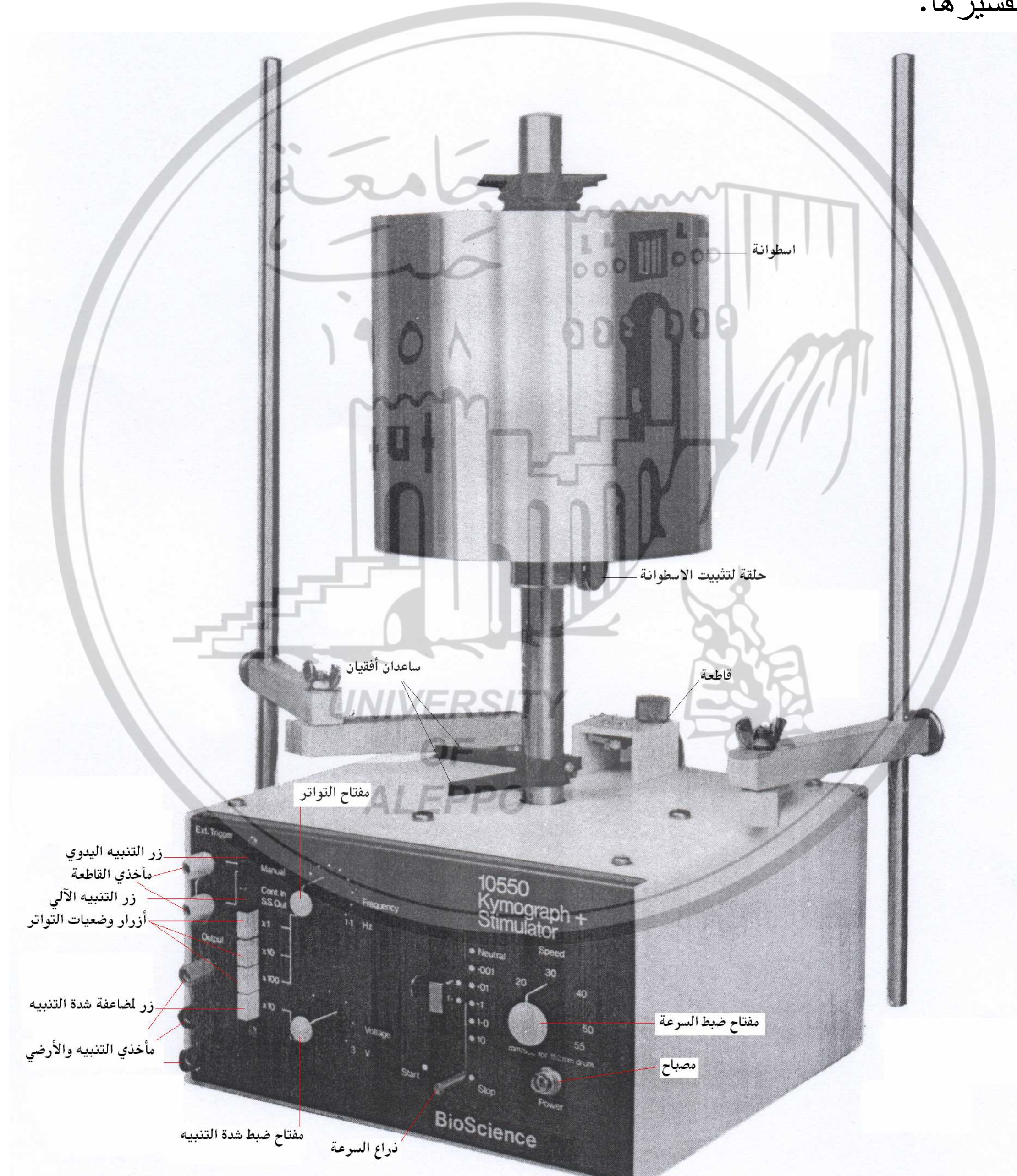
تهدف التجربة إلى دراسة تقلص العضلة الساقية البطنية للضفدع وذلك بالتنبيه المباشر وغير المباشر، وقياس أزمان التقلص العضلي البسيط، ثم بيان أثر درجة الحرارة على قوة التقلص وزمنه. وكذلك إيضاح العلاقة بين قوة التنبيه وسعة التقلص من جهة، وبين تواتر التنبيه وقوة التقلص من جهة أخرى، ثم إيضاح مفهوم التعب العضلي.

الأدوات المستخدمة:

الكيموغراف وملحقاته ــ غرفة العصب والعضلة ــ رافعة تسجيل العضلة ومؤشر التسجيل ــ مؤشر بدء التنبيه ــ مؤشر الزمن ــ جهاز تنبيه وأسلاك وصل كهربائية ــ خيطان ــ قطن ــ دبابيس ــ محلول فيزيولوجي (سائل رينغر) ــ ضفدع.

أولاً ــ وصف جهاز الكيموغراف وملحقاته:

يتألف الكيموغراف Kymograph (شــكل ٢٥) مــن محــرك يــؤمن دوران اسطوانة ترتكز على محوره بسرعات ثابتة مختارة. ويُمكننا هذا الجهاز من تــسجيل مخططات فعالية عدد من أعضاء جسم الحيوان والإنسان. وبدراسة هذه المخططــات وتحليلها نتمكن من إيضاح بعض الظواهر الفيزيولوجية التي شكلت هذه المنحنيــات وتفسيرها.



الشكل رقم(٢٥): جهاز الكيموغراف وجهاز التنبيه الملحق به.

يقع المحرك داخل صندوق معدني يؤمن دوران محور معدني دوراناً ثابت السرعة مختلف القيمة حسب ماهو مطلوب للتجربة. ويتراوح مدى سرعة دوران اسطوانة الكيموغراف الموجود في مخبرنا بين (٠,٠٠٥ مم/ثا) و (٥٥٠ مم/ثا) وذلك باستخدام اسطوانة قطرها (١٥٢ مم). يمكن أن نختار السرعة المرغوبة عبر ذراع السرعة ومفتاح تحكم خاص يعملان معاً، فلذراع السرعة ست وضعيات يشار إليها بـ(٠,٠٠١ ، ٠,٠١ ، ٠,١ ، ١، ١٠ ، N). فعندما يوجد هذا الذراع في الوضعية N تكون مسننات أقراص علبة السرعة منفصلة عن بعضها البعض، وفي هذه الوضعية فقط يُسمح لنا بتحريك الاسطوانة وتدوير محورها باليد كيفما اتفق دون إلحاق الضرر بمسننات أقراص علبة السرعة. أما في بقية الوضعيات فتكون مسننات أقراص علبة السرعة متداخلة مع بعضها، ولا يُسمح عندئذٍ بدوران الاسطوانة ومحورها باليد وذلك لتحاشي تخريب المسننات. توجد حول مفتاح السرعة أرقام مدرجة من (٥) إلى (٥٥)، بينما يحمل المفتاح خطاً أبيض يُستخدم لتحديد قيمة السرعة المطلوبة مضروب بالقيمة التي يدل عليها ذراع السرعة. فلضبط سرعة دوران الاسطوانة بـ(١٠٠مم/ثا) على سبيل المثال، نضع ذراع السرعة على الوضعية (١٠) ومفتاح السرعة على القيمة (١٠) فنحصل على قيمة السرعة المطلوبة (١٠×١٠=١٠٠مم/ثا).

يوجد تحت ذراع السرعة ذراع معدني(المكباح) يمنع الاسطوانة من الدوران عندما يكون على وضعية (Stop) في حين يسمح لها بالدوران عندما يكون على وضعية (Start). وإذا أردنا دوران الاسطوانة دورة واحدة فقط يكفي تحريك ذراع المكباح حركة بسيطة إلى اليسار وإعادته إلى وضعية(Stop).

كما يوجد على سطح صندوق الكيموغراف وفي الناحية الخلفية منه قاطعة خاصة تستعمل لوصل دارة التنبيه في اللحظة والنقطة المرغوبتين أثناء دوران الاسطوانة وذلك بالضغط على صفيحة نابضية تبرز قليلاً على سطح القاطعة الأنسي. ويمارس الضغط على الصفيحة النابضية ساعدان صغيران معترضان بلون أسود مثبتان على محور الكيموغراف ويدوران بدورانه. تنغلق دارة التنبيه ويمر التيار في مساري التنبيه عند كل اصطدام للساعد بصفيحة القاطعة. هذا ويتمفصل مع سطح الصندوق ساعدان معدنيان متحركان يسمحان بتثبيت ملحقات الكيموغراف الضرورية

للتجربة. أما مفتاح التشغيل فيوجد خلف الجهاز، ويستدل على أن الكيموغراف في حالة عمل إذا كان المصباح الموجود في واجهة الجهاز مضاء. يتم تثبيت الاسطوانة بتركيبها على محور محرك الكيموغراف باستخدام حلقة التثبيت الموجودة على المحور تحت الاسطوانة والحلقة التي تثبت على المحور فوق الاسطوانة.

ملحقات الكيموغراف:

١ــ جهاز التنبيه:

وهو جهاز الكتروني يوجد ضمن صندوق الكيموغراف أو ضمن صندوق مستقل. يولد هذا الجهاز صدمات كهربائية ذات موجة قائمة. يمكن التحكم بترددها وقوتها وزمن ممارستها عبر مجموعة من المفاتيح و الأزرار كما يلي:

آ ــ التردد:

يحمل الجهاز كما هو واضح في (الشكل ٢٥) مفتاحاً وأزراراً للتحكم بتردد Frequency الصدمات المنبهة تعمل بشكل متحد. فإذا أردنا الحصول على صدمات بتردد ثابت ومستمر، يجب علينا الضغط على زر الترددات المستمرة(Contin SS Out) ذي اللون الأسود، مع الضغط على أحد الأزرار الرمادية الثلاثة المؤشر عليها بـ(١× ،١٠× ،١٠٠×) والتي ترتبط مع مفتاح التردد بخطوط بيضاء. أما مفتاح التردد Frequency فيمكن تدويره حول أرقام مدرجة من (٠,١) إلى (١,١). ولضبط التردد بمعدل صدمتين كل ثانية على سبيل المثال نضغط على الزر الرمادي المقابل(١٠×) ونضع الخط الأبيض لمفتاح التردد أمام القيمة(٠,٢) فنحصل على التردد المطلوب(٠,٢×١٠=٢ صدمة/ثا). هذا ويبلغ مدى تردد الصدمات المنبهة في جهاز التنبيه المستخدم في مخبرنا من صدمة واحدة كل عشر ثوان إلى(١١٠) صدمات في الثانية الواحدة.

ويتم اختيار مجال التردد في إحدى ثلاث وضعيات:

- يمتد مجال التردد في الوضعية الأولى بين صدمة واحدة كل عشر ثوان وصدمة في الثانية بعد الضغط على الزر(١×).
- يمتد مجال التردد في الوضعية الثانية بين صدمة واحدة في الثانية وإحدى عشرة صدمة في الثانية بعد الضغط على الزر (١٠×).

- يمتد مجال التردد في الوضعية الثالثة بين عشر صدمات في الثانية و(١١٠) صدمات في الثانية وذلك بتشغيل الزر(١٠٠×).

وإذا أردنا الحصول على صدمة واحدة نضغط على أحد الأزرار الرمادية المعنية بالتردد، ثم نضغط على الزر العلوي الأسود (Manuel) في كل مرة نريد الحصول على صدمة منبهة يدوياً، أو نصل السلكين المرتبطين بالقاطعة بمأخذي جهاز التنبيه العلويين الملونين بالأصفر.

ب ـ القوة:

يمكن التحكم بشدة Intencity الصدمات المنبهة باستخدام مفتاح ضبط الفولطية(Voltage) الذي يسمح لنا باختيار قوة تنبيه تتراوح بين (٠) و (٣) فولط. وإذا احتجنا إلى قوة تنبيه أكبر نضغط على الزر الرمادي السفلي المشار إليه بـ (١٠×) والمرتبط مع مفتاح الفولطية بخط أبيض. وعندها يمكن بمساعدة مفتاح القوة اختيار شدة صدمات منبهة بين (٠) و (٣٠) فولط.

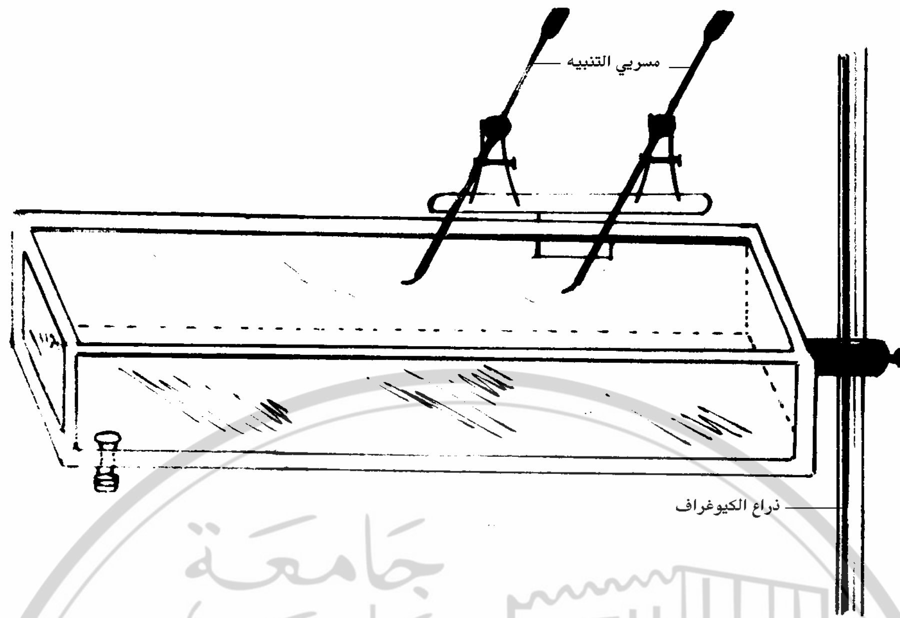
ج ـ زمن تأثير* الصدمات Duration of shcks *المنبهة:

يقتصر مفتاحه في حال وجوده على ثلاث وضعيات. إحداها علوية تؤمن صدمة منبهة ذات موجة قائمة زمن تأثيرها يبلغ (١,٤) ميلي ثانية. والثانية سفلية تؤمن صدمة منبهة زمن تأثيرها (٠,١٤) ميلي ثانية. والوضعية الثالثة أفقية(Off) لا تسمح بمرور الصدمات.

ويتم التقاط الصدمات الكهربائية من جهاز التنبيه عبر مخرجين أحدهما بلون أحمر والآخر أسود، أما المخرج الثالث الأخضر فهو للأرضي.

٢ـ غرفة المحضر (الشكل ٢٦):

وهي عبارة عن حوض بلاستيكي شفاف مستطيل الشكل مناسب لدراسة قلب الضفدع، ودراسة محضر العصب والعضلة. تزود هذه الغرفة بحلقة معدنية لتثبيتها على ساعد الكيموغراف. ويمكن أن يثبت على جدرانها حامل مساري التنبيه ومؤشر التسجيل.



الشكل رقم(٢٦): تخطيط لغرفة العضلة والعصب.

٣ ــ رافعة القلب:

وهي عبارة عن قضيب معدني يتحرك حول محور شاقولي، يزود في أحد طرفيه بمؤشر تسجيل معدني، ويحمل طرفه الثاني سلسلة ثقوب، يربط في إحداها خيط، ويُربط في الطرف الثاني للخيط مشبك القلب.

٤ ــ حامل المسريين:

أداة تستعمل لنقل التنبيه من جهاز التنبيه إلى العضو المدروس بوساطة سلكين معدنيين يرتبطان بلولبين موجودين على الحامل، وهما بدورهما يتصلان بقضيبين معدنيين ينتهيان بسلكين من الفضة يلامسان العضو المراد دراسته.

٥ ــ شوكة رنانة لتسجيل مخطط الزمن:

وهي عبارة عن قطعة معدنية ذات ذراعين صممت بأن تهتز هزات منتظمة بمعدل /١٠٠/ هزة في الثانية بعد ضربها على جسم صلب. يثبت في نهاية أحد ذراعيها قطعة بلاستيكية مرنة ومؤنفة. ويمكن تسجيل هذه الهزات بملامسة رأس القطعة البلاستيكية المثبتة على الشوكة للاسطوانة المهببة أثناء دورانها والتي تظهر على هيئة حركات جيبية منتظمة، يبلغ زمن كل دورة منها(١٠) ميلي ثانية. ويعتمد عليها في تقدير زمن الظاهرة الفيزيولوجية المدروسة.

٦ـ لوحة تثبيت الضفدع:

تتألف من قطعة خشبية مستطيلة الشكل يعلوها قطعة فلين لتثبيت الضفدع. وتزود بحلقة لتثبيت اللوحة على ساعد الكيموغراف.

٧ ـ أدوات التهبيب والتثبيت:

لتحضير اسطوانة الكيموغراف المهببة. تحاط الاسطوانة بورقة خاصة تثبت عليها بمادة لاصقة، ثم تطلى بطبقة رقيقة من الهباب الأسود. ويتم ذلك عبر أداة نحاسية تحتوي على خزان للمازوت يخرج منها فتيل مشرب بالمازوت. وينتج عن الحرق غير الكامل للمازوت في هذا الجهاز دخان أسود نوجهه على اسطوانة الكيموغراف أثناء دورانها فوق أداة التهبيب المذكورة.

وبعد إنجاز التجربة والحصول على المخططات المطلوبة، تنزع الورقة المطلية بالهباب عن الاسطوانة، وتغطس في المحلول المثبت للهباب (وهو محلول القلفونية) لفترة وجيزة من الزمن يتحول خلالها الهباب إلى طبقة طلاء متماسكة غير معرضة للزوال.

ثانياُـ طريقة تحضير محضر العصب والعضلة:

ويتم ذلك بإتباع عدة خطوات كما يلي:

١ـ تخريب الجملة العصبية المركزية: الغاية من ذلك تنخيع الحيوان. ويتم ذلك وفق خطوات العمل التالية:

- امسك الضفدع بيدك اليسرى وظهره باتجاه الأعلى. ثبته بشكل جيد وذلك بوضع رأسه بين الإصبع الوسطى والسبابة والتي تساعدك على حني رأسه إلى الأمام والأسفل، وثبت طرفي الحيوان الخلفيين بين إصبعي الخنصر والبنصر.
- امسك باليد اليمنى إبرة خياطة أو دبوساً وتحسس برأسه انخفاضاً بسيطاً على امتداد الخط المتوسط الظهري للرأس على بعد سنتيمتر واحد خلف العينين.
- أدخل الدبوس في هذا الانخفاض بشكل عامودي ثم وجهه نحو الأمام ليدخل ضمن القحف. حرّك الدبوس بجميع الاتجاهات لتضمن بذلك تخريب الدماغ. اسحب الدبوس ووجهه نحو الخلف ضمن القناة الفقرية وذلك لتخريب الحبل الشوكي. ويكون هذا العمل سليماً فيما لو دخل الدبوس في القناة الفقرية دون مقاومة، وعندما تظهر حركات عشوائية في أطراف الحيوان والتي تخمد عند

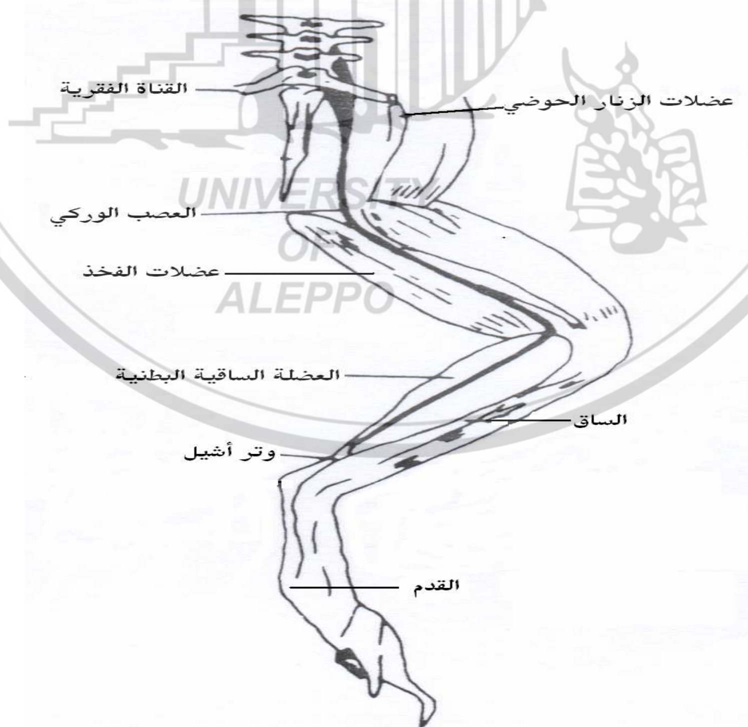
إتمام تخريب الحبل الشوكي، ويرتخي على أثر ذلك الطرفان الخلفيان، وتختفي أفعاله الانعكاسية التي يمكن أن تظهر قبل عملية التخريب عند قرص أصـــابع أحد طرفيه الخلفيين.

٢ـ ضع الحيوان في حوض التشريح مستلقياً على ظهره واكشف عن أحشائه وذلـــك بقص الجلد والعضلات البطنية.

٣ـ أزل أحشاء الحيوان أو ارفعها باتجاه الأمام للكشف عن القـــسم الخلفـــي للعمـــود الفقري والجذور العصبية التي تصدر منه.

٤ ـ قص الحيوان عرضياً من وسطه، وإلى الأعلى قليلاً من منطقة خروج الجـــذور العصبية من القناة الفقرية، بحيث يجب ترك هذه الجذور معلقة بالجزء الخلفي من العمود الفقري.

٥ ـ قص الجزء الخلفي للحيوان طولياً بدءاً من الخط المتوسط للقناة الفقريـــة وحتـــى المقذرة مراعياً في ذلك عدم إلحاق الأذى بالجذور العصبية، فتحصل بذلك علـــى محضرين اثنين. احتفظ بأحدها بتغطيته بقطعة من الشاش المبللة بسائل رينغـــر. وانزع الجلد عن المحضر الثاني (الشكل٢٧).



الشكل رقم(٢٧): تخطيط يظهر مكان العصب الوركي والعضلة الساقية البطنية في الضفدع.

٦ ــ حرر العضلة الساقية البطنية من عظمي الساق ومن العضلات الأخرى بوساطة الطرف غير الحاد للمسبار. واربط وتر العضلة المتصل بالقدم (وتر العرقوب أو وتر أشيل Achille tendon) بخيط طوله بحدود (١٠) سم. يؤمن هذا الخيط فيما بعد وصل العضلة برافعة التسجيل. قص الوتر من مكان اتصاله بالقدم خارج عقدة الربط، بحيث يبقى الخيط معلقاً بالعضلة.

٧ ــ اكشف عن العصب الوركي المار بين عضلتي الفخذ من الناحية الظهرية، وذلك بالضغط على عضلتي الفخذ والتباعد بينهما، يبرز حينئذٍ العصب بين العضلتين على شكل خيط ناصع البياض. حرره جيداً من الأنسجة المحيطة به بوساطة المسبار دون إلحاق الأذى به بالشد أو الضغط عليه.

٨ ــ ارفع جميع العضلات والعظام غير المرغوب بها في محضر العصب والعضلة، فيمكنك قص عظم الساق والعضلات الأخرى بالقرب من مفصل الركبة متحاشياً عدم إلحاق الضرر بالعضلة الساقية البطنية التي يجب أن تبقى على اتصال بمفصل الركبة. كما يمكن قص عظم الفخذ والعضلات الفخذية بالقرب من الركبة، وبالقرب من الزنار الحوضي دون إلحاق الأذى بالعصب الوركي.

٩ــ ثبت محضر العصب والعضلة في الغرفة المخصصة لهما وذلك بغرس دبوس في الركبة، ثم إدخاله في مكانه المناسب من غرفة العصب والعضلة. ثبت الرافعة المرتبطة بمؤشر التسجيل وحامل مسريي Electrodes التنبيه على جدار الغرفة. ثم اربط العضلة برافعة التسجيل. وازن المحضر والمؤشر بحيث يكون مؤشر التسجيل أفقياً وموازياً للخيط الواصل بين العضلة ورافعة التسجيل.

١٠ــ ثبت مؤشر الزمن ومؤشر بدء التنبيه وغرفة المحضر في أمكنتهم المناسبة على الذراع المعدني للكيموغراف (شكل ٢٨)، وارفع العصب الوركي على مسريي التنبيه المثبتين على غرفة العصب والعضلة. صل هذين المسريين بمأخذي جهاز التنبيه بوساطة سلكين كهربائيين. تسمى هذه الطريقة بالتنبيه غير المباشر للعضلة. وإذا أردت إجراء تنبيه مباشر للعضلة يكفي ملامسة العضلة لمسريي التنبيه.



الشكل رقم(٢٨): تمثيل تخطيطي يبين طريقة تسجيل مخططات التقلص العضلي.

١١ــ حضر الاسطوانة المهببة وثبتها في مكانهــا المناســب علــى محــور جهــاز الكيموغراف، وقرّب نهاية مؤشر التــسجيل ومؤشــر بــدء التنبيــه ولامــسهما للاسطوانة المهببة بشكل متقارب وعلى خط شاقولي واحد.

التجربة الأولى
قياس أزمان النفضة العضلية

طريقة العمل:

١ــ اتبع خطوات العمل العامة من (١) إلى (١١).

٢ــ صل قاطعة الكيموغراف بمأخذي جهاز التنبيه ذي اللون الأصفر، واجعل ساعدي الوصل الكهربائي الموجودين المثبتين في أسفل محور محرك الكيموغراف الذي ترتكز عليه الاسطوانة المهببة على امتداد بعضهما البعض وذلك لتأمين انغلاق الدارة الكهربائية مرتين خلال دوران اسطوانة الكيموغراف دورة واحدة.

٣ــ حدد سرعة دوران اسطوانة الكيموغراف بــ (٣٠٠ مم/ ثا) و قوة الصدمات الكهربائية المنبهة بــ (٥ فولط) وزمن تأثيرها بــ(١,٤ميلي ثانية).

٤ــ اترك اسطوانة الكيموغراف تدور دورة واحدة، وذلك بتحريك الذراع الكابح (الفرام) حركة بسيطة إلى وضعية Start ثم إعادته إلى وضعيةStop تحصل خلالها على نفضتين عضليتين. ويجب الانتباه عند إيقاف اسطوانة الكيموغراف ألا يكون ساعد الوصل الكهربائي ملامساً للقاطعة الكهربائية، الأمر الذي يعني استمرار تنبيه المحضر بشكل دائم مما يسبب إنهاكه وموته. كما يجب عند إجراء التجربة وضع قطرات من محلول رينغر على محضر العصب والعضلة بين الحين والآخر لمنع جفاف المحضر.

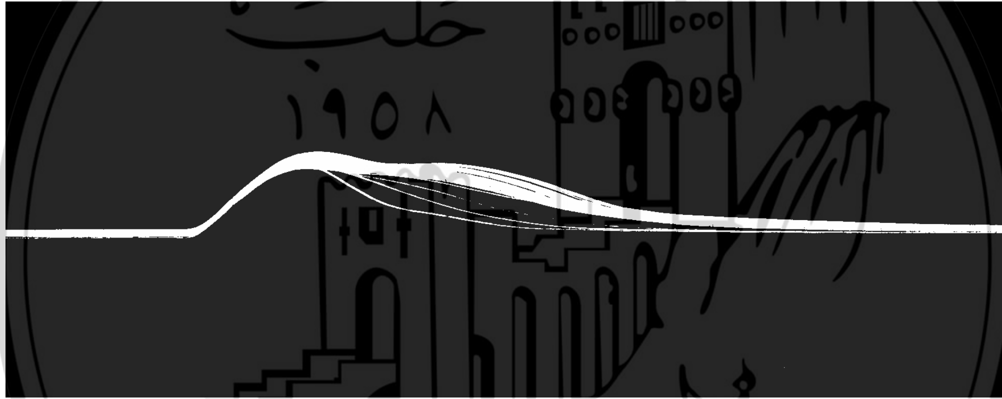
٥ــ سجل أسفل النفضات العضلية مخطط الزمن باستخدام الشوكة الرنانة الكهربائية أو اليدوية. علماً أن تواتر هزات كل منهما يقدر بــ(١٠٠هزة/ثانية). واحسب بالاعتماد عليها زمن كل طور من أطوار النفضة العضلية البسيطة.

٦ ــ ارفع الورقة المهببة عن اسطوانة الكيموغراف واغمرها في محلول القلفونية لتثبيت هباب الفحم. واتركها تجف، واحتفظ بمخططات التسجيل بلصقها على الكراس الخاص بتجارب الفيزيولوجيا. فسّر النتائج.

التجربة الثانية
التعب العضلي

طريقة العمل:

- اتبع خطوات التجربة السابقة نفسها بالتنبيه غير المباشر، واترك اسطوانة الكيموغراف تدور حوالي (٢٠) دورة وذلك بتحريك ذراع المكباح، واتركه على وضعية Start، يتم خلالها تسجيل نفضات عضلية متراكبة بعضها فوق بعض. ولاحظ التناقص المتدرج لسعة التقلص العضلي وازدياد زمن النفضات مع استمرار تأثير الصدمات المنبهة (الشكل ٢٩).



الشكل رقم (٢٩) مخطط التعب العضلي في العضلة الساقية البطنية للضفدع بالتنبيه غير المباشر.

- أعد التجربة ذاتها، ولكن هذه المرة بالتنبيه المباشر.
- ارفع بعد ذلك الورقة المهببة عن اسطوانة الكيموغراف واغمرها بمحلول القلفونية، واتركها تجف. اعرض النتائج، قارنها وفسرها.

التجربة الثالثة

العلاقة بين قوة التنبيه وسعة التقلص العضلي

طريقة العمل:

١ــ أنجز خطوات العمل العامة من (١) إلى (١١) باستخدام طريقة التنبيه غير المباشر.

٢ــ حدد سرعة دوران اسطوانة الكيموغراف بـ (٥مم/ثا)، وتواتر التنبيه بمعدل صدمة واحدة كل ثانية، وزمن تأثير الصدمة بـ (١,٤) ميلي ثانية.

٣ــ شغل الكيموغراف، وحرر المكباح. وابدأ برفع شدة التنبيه بالتدريج من الصفر وحتى تحصل على أعلى سعة ممكنة لتقلص العضلة، مع التوقف قليلاً عند كل زيادة، لتسجيل بعض النفضات.

٤ــ أعد التجربة بالأسلوب نفسه بطريقة التنبيه المباشر. قارن بين النتيجتين وفسرها.

التجربة الرابعة

العلاقة بين تواتر التنبيه والتقلص العضلي

طريقة العمل:

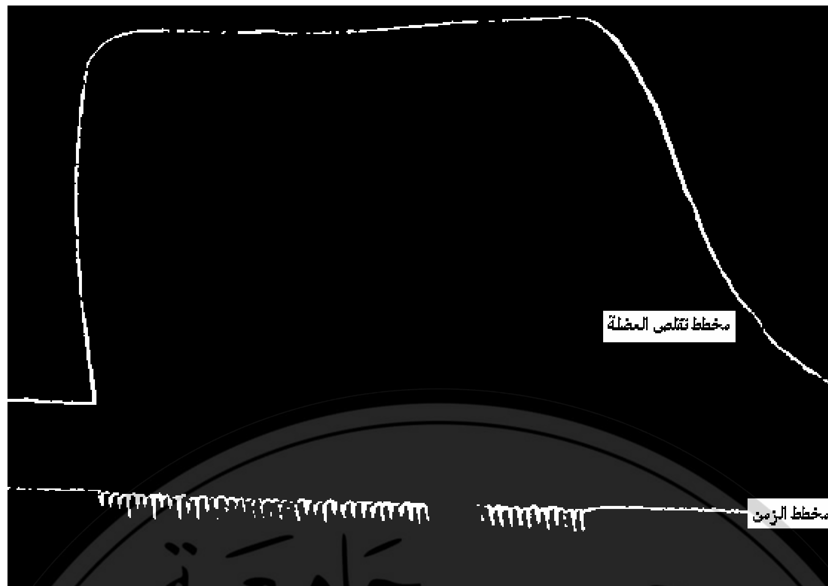
١ــ اتبع خطوات العمل العامة من (١) إلى (١١) مرةً بالتنبيه غير المباشــر، ومــرةً أخرى بالتنبيه المباشر.

٢ــ حدد سرعة دوران اسطوانة الكيموغراف بـــ(٥مم/ثا)، وشدة التيار بالقوة الكافية التي تسمح بتسجيل تقلصات عضلية بأعلى سعة ممكنة. وزمن تأثير الصدمة بـــ (١،٤ثا)، وتواتر التنبيه بمعدل صــدمة كــل ثانيــة بعــد الــضغط علــى زر التواتر(×١٠)، ثم شغل الكيموغراف وابدأ بزيــادة تــواتر الــصدمات المنبهــة بالتدريج من(١) إلى (١١)، وبالعكس من(١١) إلى (١) فتحــصل بــذلك علــى مخطط التكزز غير التام (الشكل٣٠).



الشكل رقم(٣٠): مخطط التكزز غير التام.

وللحصول على مخطــط للتكــزز التــام (الــشكل ٣١)، اضــغط علــى زر التواتر(×١٠٠) وابدأ بزيادة تواتر التنبيه ببطء شديد من(١) إلـــى (٢٠)، وبـــالعكس، سجل المخططات المطلوبة. وانزع الورقة المهببة عن الاسطوانة وثبتها في محلــول القلفونية. فسّر النتائج.



الشكل رقم (٣١): يوضّح مخطط التكزز التام.



التجربة الخامسة

تأثير المركبات الكوراريـة على التقلص العضلي

الكورار Curare هو عبارة عن مركب معقد يستخلص من بعض النباتات. وقــد استخدمه هنود أميركا في الحروب، وفي صيد الحيوانات وذلك بطلي رؤوس سهامهم بهذه الخلاصة التي تسبب شلل الحيوانات إثر إصابتها بالسهام.

وقد أمكن عزل عدد من القلويات الكورارية وصنع بعض المركبات التي تتميز بقدرتها الكبيرة على إحداث الشلل مثل D-Tubocurarine والغــالامين Galamine أو (Flaxedil) الذي نستخدمه في هذه التجربة.

يكمن فعل المركب الكوراري الذي يسبب الشلل العضلي فــي تعطيــل النقــل المشبكي بين العصبونات المحركة والألياف العضلية دون أن يؤثر على فعالية الألياف العصبية أو على فعالية الألياف العضلية.

هدف التجربة:

إيضاح آلية تأثير المركبات الكورارية المحدثة للشلل على العضلات الهيكلية.

طريقة العمل:

١ـــ غطس الضفدع في ماء يحوي قليلاً من مادة مخدرة (كالايتر) لمــدة(١٠ـــــ١٥) دقيقة بغية تخديرها. يمكن التأكد من ســلامة تخــدير الحيــوان بــزوال أفعالــه الانعكاسية الناتجة عن قرص أصابع رجله.

٢ـــ ضع الضفدع المخدر في حوض التشريح وظهره باتجاه الأعلى، وقص الجلد الذي يغطي الساق اليسرى دون نزعه بالكامل، وحرر العضلة الساقية الباطنيــة عــن عظمي الساق و العضلات الأخرى. ثم اربط وترها في نقطة اتصاله بالقدم بخيط طوله حوالي (١٥) سم. قص بعد ذلك الوتر خارج عقدة الربط.

٣ـــ قص الجلد الذي يغطي الفخذ اليسرى، واكشف عن العــصب الــوركي بالــضغط والتباعد بين عضلتي الفخذ. حرر العصب على أطول مسافة ممكنة، وأدخل تحته

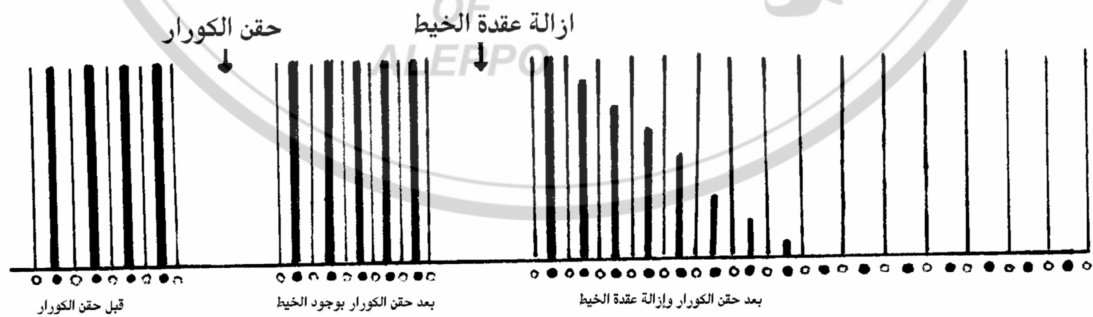
خيطاً. واصنع منه بالقرب من الركبة عقدة رخوة تحيط بالفخذ والعضلات الفخذية باستثناء العصب.

٤ــ ضع الحيوان على اللوحة الخشبية المخصصة له والمحمولة على ذراع الكيموغراف، ثم اربط الطرف الحر من الخيط والمتصل بوتر العضلة الساقية البطنية برافعة التسجيل. وارفع العصب الوركي على مسريي التنبيه (تنبيه غير مباشر) المتصلين بجهاز تنبيه عبر أسلاك وصل كهربائية، ثم لامس العضلة بمسريي تنبيه آخرين (تنبيه مباشر) يتصلان بجهاز تنبيه ثان. وابحث عن قوة التنبيه المناسبة للحصول على نفضات عضلية بالتنبيه المباشر وغير المباشر.

٥ــ ضع ضمن محقن واحد ميلي لتر من المركب الكوراري، وأدخل رأس إبرة المحقن تحت جلد الضفدع في الناحية البطنية دون حقن المركب في هذه اللحظة.

٦ــ حضر اسطوانة الكيموغراف المهيبة، ووازن المحضر بالشكل الذي يؤمن استجابة بسعة جيدة، ولامس رأس مؤشر التسجيل للاسطوانة، وثبت سرعة الكيموغراف بـ(٥مم/ثا).

٧ــ شغل الكيموغراف، وحرر الذراع الكابح، وسجل عدة نفضات عضلية قبل حقن المركب الكوراري وذلك بالتنبيه المباشر وغير المباشر بالتناوب بمعدل نفضة واحدة كل(١٠) ثوان لمدة ثلاث دقائق، مستخدماً في ذلك قوة تنبيه مناسبة تسمح بالحصول على نفضات عضلية متساوية السعة كما في الشكل(٣٢).



الشكل رقم (٣٢): مخطط التقلصات العضلية بالتنبيه المباشر(٥) والتنبيه غير المباشر(.) بالتناوب يبين تأثير الكورار على تقلص العضلة الساقية البطنية في الضفدع.

٨ ــ امنع وصول الدم إلى العضلة الساقية البطنية وذلك بشد العقدة الرخوة الموجــودة بالقرب من الركبة بشكل جيد. واحقن بعد ذلك المركب الكوراري دفعة واحــدة، واستمر في تسجيل النفضات العضلية بالتنبيه المباشر وغير المباشر بمعدل نفضة كل(١٠) ثوان لمدة أربع دقائق. ولاحظ عدم حصول تبدل في شــكل النفــضات العضلية المسجلة رغم وصول المركب الكوراري إلى الألياف العصبية المحركة، ولكنه لا يصل إلى العضلة الساقية البطنية. ماذا تستنتج ؟

٩ــ قص عقدة الخيط المحيطة بعضلات وعظم الفخذ حتى يتثنى للمركب الكــوراري الوصول إلى العضلة الساقية البطنية عبر الأوعية الدموية. واستمر في تــسجيل النفضات العضلية بالشروط السابقة نفسها. ولاحظ تناقص سعة النفضات العضلية بالتنبيه غير المباشر بالتدريج وزوالها فيما بعد كلياً. بينما لا تتبدل سعة التقلصات العضلية المتولدة بالتنبيه المباشر، ماذا تستنتج ؟

١٠ــ سجل المخططات المطلوبة، وانزع الورقة المهببة عن الاسطوانة، وثبتهــا فــي محلول القلفونية. فسر النتائج.



الفصل الثاني

دراسة تقلص العضلات الملساء

تتميز العضلات الملساء بقدرتها على التقلص الذاتي والدوري بتواتر ضعيف وبغياب الايعازات العصبية المركزية. وتعود خاصة التقلص الذاتي لديها إلى تأرجح قيمة كمونات أغشيتها أثناء الراحة بشكل دوري وبطيء. ففي كل مرة يقترب كمون الغشاء من عتبة التنبيه، ينطلق كمون فعل منتشر، ينتقل إلى الألياف المجاورة عبر الوصلات الكهربائية الدقيقة الموجودة بين الخلايا.

كما تتصف فعالية العضلات الملساء بتقلص تكززي نتيجة تداخل التقلصات المتتالية، مما يؤمن القوة العضلية (المقويةTonus) المعروفة في العضلات الملساء للأحشاء والأوعية الدموية. هذا ويؤثر على فعالية العضلات الملساء جملة عوامل عصبية وخلطية سنوضّح بعضها بالتجارب التي سننجزها على قطعة معزولة من أمعاء الأرنب وعلى رحم أنثاه.



التجربة الأولى

تأثير بعض المركبات الصيدلانية على فعالية قطعة معزولة من أمعاء الأرنب

يتميز جدار معي الثدييات بوجود طبقة عضلية تتألف من ألياف عضلية ملساء طولية ودائرية. وتتميز هذه الألياف بفعالية ذاتية تتمثل بالحركات الحولية للأمعاء التي نلاحظها عند الكشف على أحشاء أحد الحيوانات الثديية المخدرة أو المذبوحة حديثاً. وتخضع هذه الحركات في الحالة الطبيعية إلى إشراف الجملة العصبية الإعاشية، بحيث تلعب الجملة الودية Sympatic system دوراً مثبطاً لفعالية الأمعاء، بينما تنشط الجملة شبه الودية Parasympatic system هذه الفعالية. وتوجد مركبات صيدلانية مقلدة لتأثير العصبونات شبه الودية نطلق عليها مقلدات شبه ودية نذكر منها الأستيل كولين Acetylcholine ومقلدات ودية كالأدرينالين Adrenalin. كما توجد مركبات تثبط أو تخفف من تأثير الجملة العصبية على فعالية الألياف العضلية نطلق عليها حالّات شبه ودية كالأتروبين Atropine.

نذكر أخيراً إمكانية استمرار الحركات الحولية للأمعاء المعزولة حديثا من جسم الحيوان يمكن أن تستمر في الحركة شرط وضعها في وسط قريب من الشروط الطبيعية، كوضعها في محلول فيزيولوجي مناسب كمحلول تيرود Tyrode درجة حرارته قريبة من درجة حرارة الجسم شرط تهوية المحلول بشكل مستمر.

هدف التجربة:

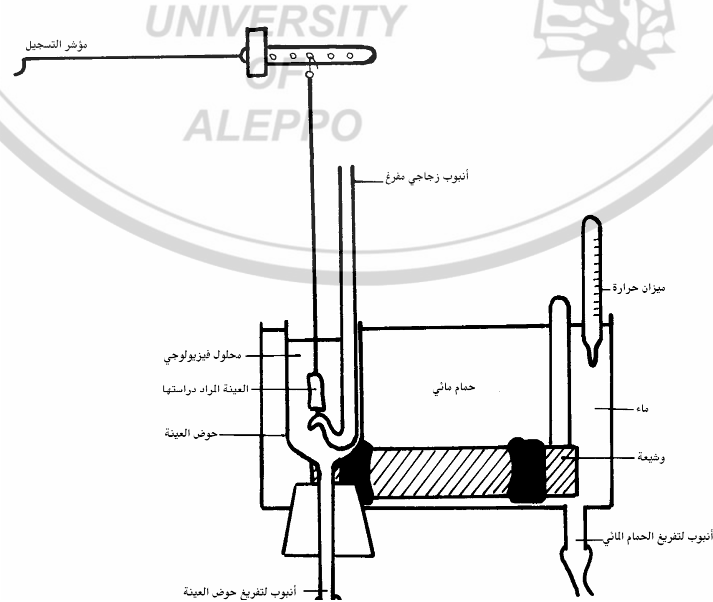
تهدف التجربة إلى دراسة الحركات الذاتية لقطعة معزولة من العفج Duodenum في وسط صنعي. ثم دراسة تأثير بعض المركبات الصيدلانية كالأدرينالين والأستيل كولين والأتروبين على هذه الحركات. علماً بأن التجربة تسمح لنا بتسجيل فعالية الألياف العضلية الطولية فقط.

الأدوات المستعملة:

جهاز خاص بدراسة الأعضاء المعزولة ــ كيموغراف ــ أستيل كولين ــ أدرينالين ــ أتروبين ــ محلول فيزيولوجي ــ أوعية لتمديد المحاليل ــ ماصات مدرجة ــ خيطان.

وصف الجهاز الخاص بدراسة الأعضاء المعزولة:

يتألف الجهاز من حمام مائي كبير (الشكل٣٣) يزود بآلية لتفريغ الماء، وميزان حرارة، ووشيعة لتسخين الماء، تسمح بتثبيت درجة حرارة ماء الحوض بحدود(٣٨°) م بوساطة منظم حرارة يفصل الوشيعة عن التغذية الكهربائية آلياً عندما تتجاوز حرارة الماء هذه القيمة. يوضع ضمن الحمام المائي حوض اسطواني الشكل خاص بدراسة أعضاء معزولة من الحيوان يمكن تفريغه بسهولة عند اللزوم، ويُملأ هذا الحوض بمحلول فيزيولوجي، ويثبت بداخله قضيب زجاجي مفرغ ومعقوف في أحد نهايتيه. تسمح النهاية المعقوفة بتثبيت العينة المراد دراستها. بينما يوصل طرفه الثاني بمضخة هوائية تمد المحضر بالأوكسجين، ويمكن التحكم بسرعة وحجم الفقاعات الهوائية التي تصل إلى المحضر عبر الأنبوب الزجاجي المفرّغ بوساطة مشبك يثبت على الأنبوب المطاطي الواصل بين المضخة الهوائية والقضيب الزجاجي.



الشكل رقم(٣٣):رسم تخطيطي للجهاز الخاص بدراسة أعضاء معزولة من الحيوان.

طريقة العمل:

١ـ املأ الحمام المائي (الحوض الكبير) بالماء العادي واملأ حمام العينة (الحوض الصغير) بالمحلول الفيزيولوجي، ثم صل الجهاز بالتيار الكهربائي لتسخين الماء والمحلول الفيزيولوجي، واضبط مفتاح التحكم بالحرارة على الدرجة (٣٨°) درجة مئوية.

٢ـ حضر محاليل أستيل كولين بتراكيز مختلفة تتراوح بين ($١٠^{-٣}$ و $١٠^{-٧}$ مغ/مل)، مستخدماً التيرود في عملية التمديد، ومحلول الأدرينالين بتركيز($١٠^{-٣}$ مغ/مل). ومحلول الأتروبين بتركيز (١٠ مغ/مل).

٣ـ اذبح الأرنب، واكشف عن أحشائه، واستأصل منها العفج مباشرة، وضعه في محلول فيزيولوجي درجة حرارته(٣٨) درجة مئوية، وقطّعه إلى قطع طول كل منها بحدود (٢) سم.

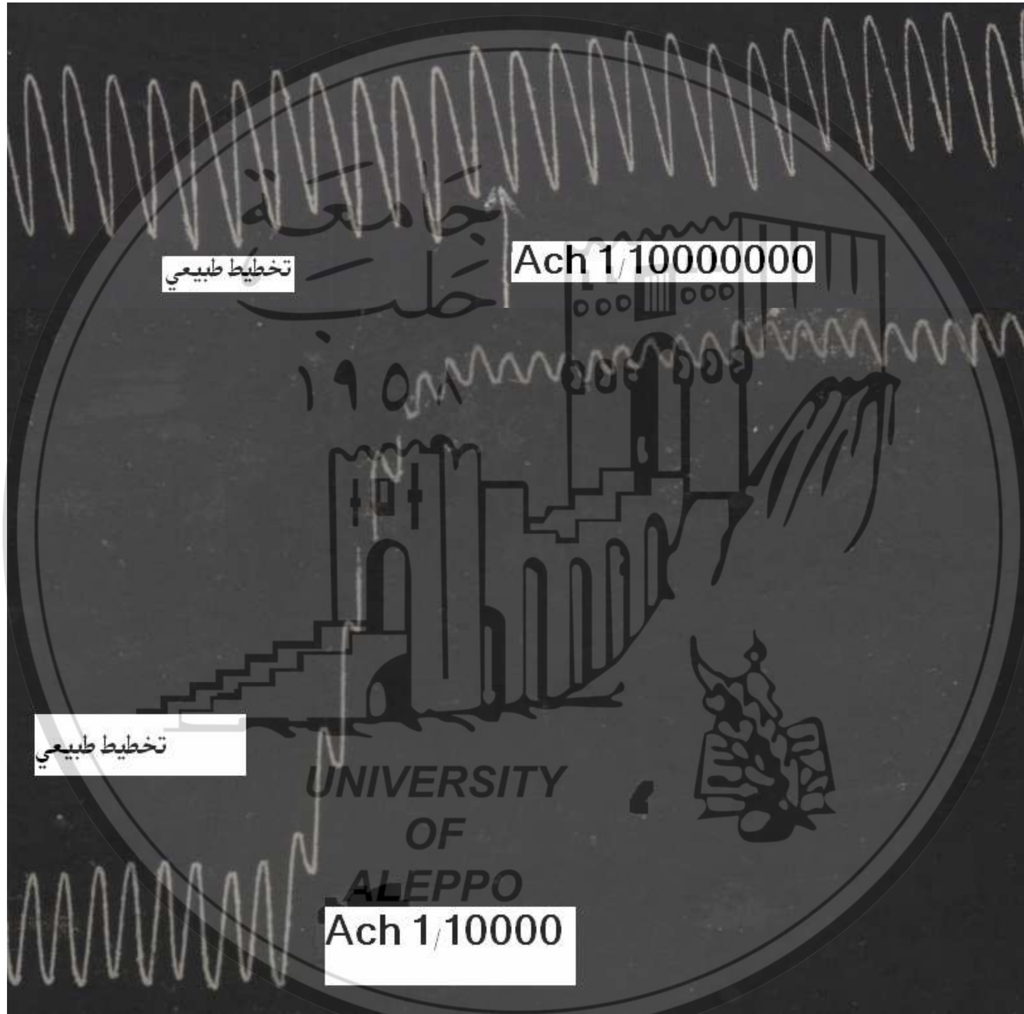
٤ـ خذ أحد هذه القطع واربط كل طرف من طرفيها بخيط. استخدم أحدهما لتثبيت القطعة بالطرف المعقوف للأنبوب الزجاجي، و اربط طرفها الآخر برافعة التسجيل. وازن مؤشر التسجيل بحيث يجب أن يبقى المؤشر أفقياً قدر الإمكان.

٥ـ ثبت سرعة مرور الهواء ضمن المحضر بمعدل فقاعة واحدة كل ثانية تقريباً، و تأكد من ثبات درجة حرارة الماء والتيرود.

٦ـ لامس رأس المؤشر لاسطوانة الكيموغراف التي تم إحاطتها بورقة مهببة، وشغل الجهاز. وابدأ بتسجيل التقلصات العادية للعينة باستخدام سرعة دوران مناسبة تسمح بتحليل مخططات التسجيل والمؤلفة من سلسلة من الحركات الجيبية.

٧ـ ابحث عن عتبة تأثير الأستيل كولين، وذلك بوضع قطرة من محلول الأستيل كولين الأدنى تركيزاً ($١٠^{-٧}$ مغ/مل) في الحوض الحاوي على القطعة المعزولة من الأمعاء، ولاحظ التبدلات التي تطرأ على مخططات التسجيل الطبيعية.

استبدل المحلول الفيزيولوجي الموجود في حمام العينة بمحلول آخـر، وتـابع التسجيل باستخدام تراكيز متزايدة مـن الأسـتيل كـولين ($١٠^{-٦}$ $١٠^{-٥}$ $١٠^{-٤}$ مغ/مل) حتى تظهر تبدلات واضحة في مقوية وسـعة تقلـصات القطعـة المعزولـة (الشكل٣٤). نطلق على محلول الأستيل كولين الذي سبب ظهور أدنى التبـدلات فـي الحركات العادية لهذه القطعة اسم عتبة تأثير الأستيل كولين.

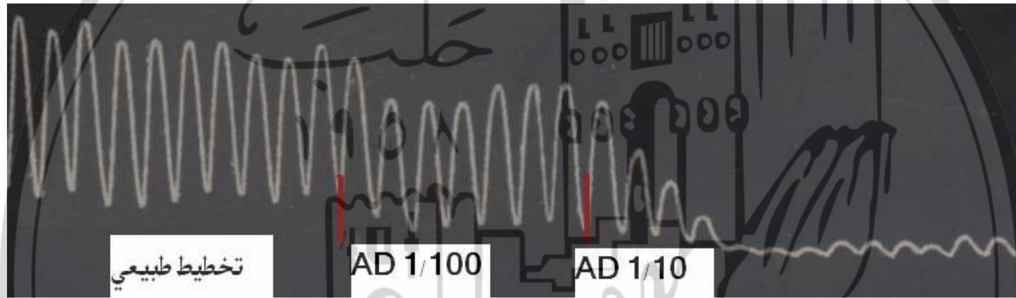


الشكل رقم (٣٤): مخطط تقلص العضلات الملساء الطبيعي لقطعة معزولة من الأمعاء وتأثير الأستيل كولين عليها بالتراكيز المبينة على الشكل.

٨ ـ ادرس تأثير الأدرينالين على فعالية العينة بعد استبدال المحلـول الفيزيولـوجي للحوض الصغير بمحلول جديد. وانتظر حتى تعود الحركات العادية للأمعاء، ثـم سجل هذه الحركات، وضع أثناء ذلك قطرة مـن محلـول الأدرينـالين بتركيـز

($١٠^{-٣}$ مغ/مل)، ولاحظ انخفاض مقوية القطعة المعزولة، ثم توقف حركاتها الذاتية (الشكل٣٥). أضف بعد ذلك قطرة من الأستيل كولين بتركيز ($١٠^{-٣}$ مغ/مل)، ولاحظ عودة التقلص من جديد.

٩ــ ادرس تأثير الأتروبين : استبدل المحلول الفيزيولوجي بمحلول جديد وسجل الحركات العادية للعينة، ثم ضع قطرة من الأتروبين بتركيز(١٠مغ/مل)، ولاحظ تناقص سعة التقلص وانخفاض المقوية العضلية. ويمكن أحياناً أن تتوقف حركة القطعة، أضف عندئذٍ قطرة من الأستيل كولين بتركيز($١٠^{-٣}$ مغ/مل). ولاحظ أنه لا يوجد تأثير للأستيل كولين بعد الأتروبين مباشرة.



الشكل رقم(٣٥): مخطط تقلص العضلات الملساء الطبيعي لقطعة معزولة من الأمعاء وتأثير الأدرينالين بتراكيز مختلة عليها.

١٠ــ انزع الورقة المهببة عن الاسطوانة، وثبتها في محلول القلفونية، واتركها تجف.

١١ــ فسر النتائج ، واحسب التركيز الحقيقي للأستيل كولين والأدرينالين والأتروبين المستخدم في كل اختبار، علماً أن حجم القطرة الواحدة يساوي(٠,٠٥) مل وأن الحوض الصغير يحتوي على (٥٠) مل تيرود.

التجربة الثانية

تأثير هرمونات الغدة النخامية على قطعة معزولة من رحم أنثى الأرنب

يفرز الفص الخلفي للغدة النخامية هرمونين اثنين هما: هرمون الأوكسيتوسين Oxytocine hormone والهرمون المضاد لإدرار البول Antidiuretic hormone (اختصاراً ADH) إذ يُنشط الهرمون الأول تقلص العضلات الملساء للرحم والأمعاء والحويصلات الصفراوية والحالبين والمثانة. و يبدو أن الكمية التي تطرحها الغدة النخامية في الحالات الطبيعية غير كافية لإظهار تأثير فعال على العضلات الملساء للحيوان. ويزداد إفراز الغدة النخامية لهذا الهرمون أثناء الولادة والإجهاض وأثناء الرضاعة. يتألف الأوكسيتوسين من تتالي محدد من الحموض الأمينية، ويتم تركيبه ضمن خلايا الغدة النخامية بآلية تركيب البروتينات العامة. ويمكن تحضيره صناعياً من خلاصات الغدد النخامية المستأصلة من حيوانات المسلخ. وتتم معايرة الخلاصة بطرق حيوية (كتقلص رحم معزول أو تدفق الحليب من أنثى الأرنب أثناء الرضاعة)، ويعبر عن فعالية الخلاصة بوحدات بيولوجية عالمية.

هدف التجربة:

دراسة تأثير خلاصة الفص الخلفي للغدة النخامية على فعالية الألياف العضلية الملساء لرحم أنثى الأرنب.

الأدوات المستخدمة:

نستخدم في هذه التجربة الأدوات نفسها التي استخدمناها في تجربة قطعة معزولة من أمعاء الأرنب، إضافة إلى زجاجتي ساعة وأنثى أرنب ــ أنبولة أوكسيتوسين بمعدل (٥) وحدات عالمية/مل.

طريقة العمل:

أولاً ــ استئصال الرحم:

اذبح الحيوان، وضعه في حوض تشريح وبطنه نحو الأعلى. قص جلد الحيوان على الخط المتوسط البطني الممتد بين منطقة العانة وعظم القص، واكشف عن الرحم

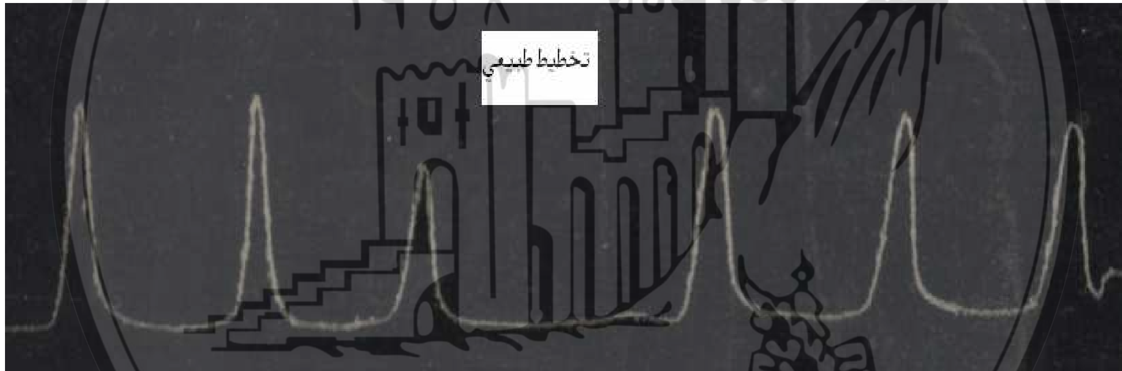
بعد رفع أحشاء البطن. اربط الرحم بالقرب من طرفيه العلوي والسفلي، واقطعه خارج منطقتي الربط فتحصل بذلك على الرحم المعزول. ثبت هذا الأخير في الحوض الخاص بدراسة الأعضاء المعزولة بالطريقة نفسها التي اتبعتها بتجربة قطعة معزولة من الأمعاء.

ثانياً ــ تحضير الغدة النخامية:

انزع عظام القحف بشكل يسمح لك برفع الدماغ كاملاً. استأصل الغدة النخامية. ثم ارفع جزءاً من قشرة المخ بحجم الغدة النخامية وملحقاتها. ضع كل جزء على حدة ضمن زجاجة ساعة واهرسه ضمن بضع ميليترات من السائل الفيزيولوجي (التيرود).

ثالثاً ــ التجربة:

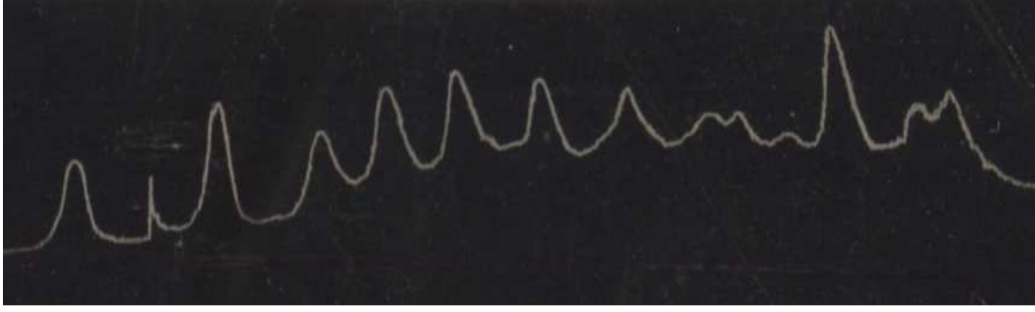
١ــ جهز التجربة كما جهزتها أثناء دراستك لفعالية قطعة معزولة من الأمعاء، وسجل الحركات العادية للرحم، ولاحظ أنها غير منتظمة في تواترها وسعتها(الشكل٣٦).



الشكل رقم (٣٦): مخطط تقلص العضلات الملساء الطبيعي لقطعة معزولة من الرحم.

٢ــ تأثير القشرة المخية: استمر في تسجيل فعالية العينة وضع في الحوض الذي يحتوي على الرحم خلاصة القشرة المخية، وتأكد أن هذه الخلاصة لا تؤثر على تقلصات الرحم.

٣ــ تأثير الغدة النخامية: اغسل المحضر بسائل فيزيولوجي درجة حرارته(٣٨°)م، وضع ضمن الحوض خلاصة الغدة النخامية، ولاحظ ازدياد تقلصات الرحم (الشكل٣٧).



الشكل رقم(٣٧):مخطط تقلص العضلات الملساء لقطعة معزولة من الرحم بتأثير خلاصة الغدة النخامية للأرنب.

٤ــ تأثير خلاصة الفص الخلفي للغدة النخامية: لإيضاح هــذا التــأثير، أضــف إلــى الحوض خلاصة الفص الخلفي للغدة النخامية المحضرة صنعياً والحاويــة علــى أوكسيتوسين، وتأكد من ازدياد مقوية عضلة الرحم وازديــاد ســعة التقلــصات الرحمية وتواترها. علماً أن استجابة الرحم للأوكسيتوسين غير ثابتــة، ويتعلــق الأمر بالحالة الفيزيولوجية للرحم. ولذلك ابدأ هذا الجزء مــن التجربــة بإضــافة قطرة واحدة من الأوكسيتوسين بتركيز منخفض وليكن (٠,٢٥) وحدة عالمية في الميليلتر الواحد. فإذا لم يظهر تأثير على الرحم أضف قطرة ثانية وثالثة ورابعة، وتأكد في كل مرة، من ثبات فعالية كل تركيز. وإذا لــم يــستجب الــرحم لهــذه التراكيز، أضف بضع قطرات بتركيز(٠,٥) وحدة عالمية في الميليلتــر. ســجل النتائج، وضع الإشارات والرموز المناسبة على مخططــات التــسجيل واحــسب التركيز الحقيقي الذي حصلت من خلاله على نتائج ايجابية فيما يتعلــق بتبــدلات تقلص الرحم.

٥ــ ارفع الورقة المهببة عن اسطوانة الكيموغراف واغمرها في محلــول القلفونيــة. علل النتائج.


جامعة
حلب
١٩٥٨
UNIVERSITY
OF
ALEPPO

الفصل الثالث
القلب وجهاز الدوران

يتكون جهاز الدوران Circulatory system عند الفقاريات من عضلة القلب Heart ومن الأوعية الدموية التي تُكوّن بمجموعها جملة مغلقة، يسري الدم فيها في دورة مغلقة. يعتبر القلب مضخة حيوية تعمل مدى الحياة على ضخ الدم إلى أنحاء الجسم عبر الشرايين Arteries، ويعود الدم من أعضاء الجسم إلى القلب عبر الأوردة Veins.

تتميز عضلة القلب بتقلص إيقاعي ذاتي Spontaneous منتظم، وتعود خاصية تقلصه الذاتي إلى وجود خلايا خاصة تشكل ما يُعرف بالنسيج العقدي Nodal tissue، وتتميز خلايا هذا النسيج بعدم استقرار كمونات أغشيتها أثناء الراحة بسبب تسرب شوارد الصوديوم إلى داخل الخلايا دون إيعازات عصبية، مما يسبب تأرجح كمونات أغشيتها أثناء الراحة بين /-٦٠/ ميلي فولط و/-٥٥/ ميلي فولط، وفي كل مرة يصبح معها كمون الغشاء في سوية عتبة التنبيه وهي بحدود /-٥٥/ ميلي فولط، تُثار هذه الخلايا وينطلق منها كمونات فعل منتشرة تنتقل إلى بقية ألياف عضلة القلب عبر حزم ناقلة وتحرضها على التقلص. وبسبب هذا النسيج الذي يملك القدرة على الإثارة الذاتية فإنه يتحكم في سرعة ضربات القلب.علماً أن معدل ضربات القلب وقوتها يمكن أن تتأثر بعدد من العوامل الخلطية والعصبية.

ومن الناحية التجريبية يمكن دراسة نظم القلب ومدى تحكمه بالدوران الدموي بعدة طرق نذكر منها:

١ــ تسجيل مخطط ضربات عضلة القلب مباشرة بوساطة جهاز تخطيط القلبCardiograph ونجري مثل هذه الدراسة على قلب الضفدع.

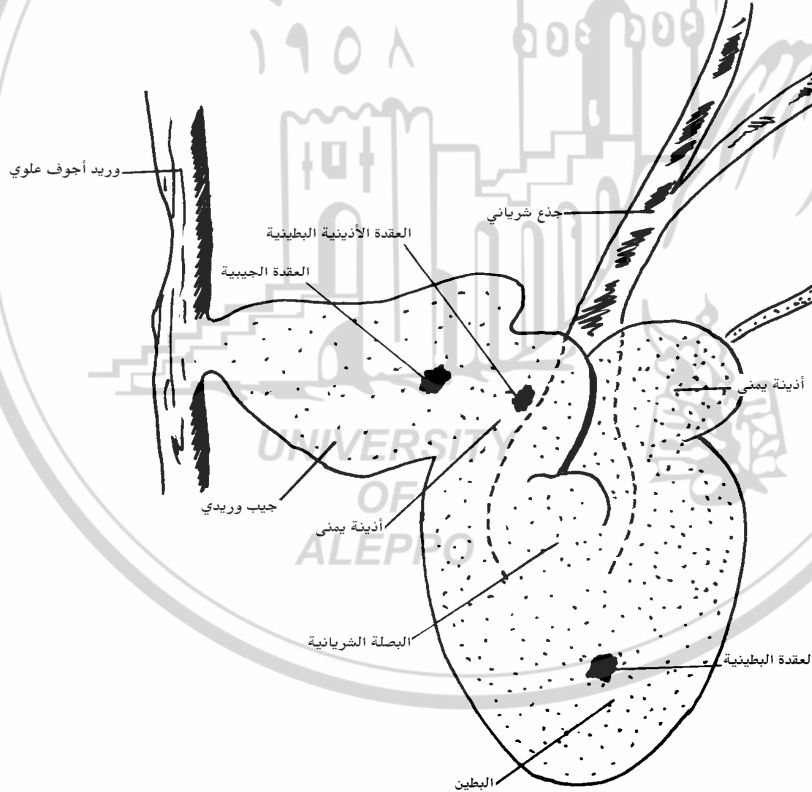
٢ــ تخطيط كهربائية القلب Electrocardiography للإنسان باستخدام جهاز تخطيط كهربائية القلب Electrocardiograph.

٣ــ تسجيل تبدلات الضغط الشرياني.

التجربة الأولى

تخطيط قلب الضفدع

يتألف قلب الضفدع من جيب وريدي وأذينتين وبطين (شكل٣٨). وتنشأ الضربة القلبية في العقدة الجيبية (عقدة Remak) الموجودة في جدار الجيب الوريدي، إذ تعتبر هذه العقدة مركز الفعالية الذاتية للقلب لأنه تنطلق منها كمونات الفعل المحرضة لعمل القلب، وهي العقدة الرئيسة المنظمة لعمل القلب لذلك تدعى بالعقدة الناظمة الخطىPacemaker. ويمكن البرهان على ذلك بربطة ستانيوس Stannius ligature الأولى. ويوجد في قلب الضفدع بالإضافة إلى هذه العقدة عقدتين أخريين هما العقدة الأذينية (أو عقدة Ludwig) والعقدة البطينية(أو عقدة Bidder).



الشكل رقم(٣٨): رسم تخطيطي لقلب الضفدع.

تقع العقدة الأذينية في الوجه الأيمن للجدار الفاصل بين الأذينتين وتقع العقدة البطينية في جدار البطين أسفل الحد الفاصل بين الأذينتين والبطين. ويبدو أن العقدة الأذينية هي عقدة مثبطة، والعقدة البطينية مولدة للضربات بدليل توقف التقلص الأذيني البطيني

في ربطة ستانيوس الأولى رغم استمرار الجيب الوريدي بالخفقان. ويستعيد البطين ضرباته بتواتر أقل من تواتر خفقان الجيب الوريدي بعد عزل البطين عن الأذينتين بربطة ستانيوس الثانية، وتنتج ضربات البطين في هذه الحالة عن العقدة البطينية التي تصبح هي العقدة راسمة الخطى لضربات البطين، وفي هذه الحالة يفقد القلب نظميته العادية.

ومن خواص عضلة القلب الأخرى استجابتها للمنبهات الخارجية بالتقلص شرط أن تكون قوة صدمات المنبه أعلى من عتبة التنبيه، مثلها في ذلك مثل بقية العضلات، ولكنها تستجيب للصدمات المنبهة بسعة قصوى وذلك بسبب طبيعتها النسيجية، إذ تتفرع الألياف العضلية للقلب، وتتشابك مع بعضها، بحيث يصعب تمييز بداية الليف عن نهايته، وتتشابك الألياف بعضها مع بعض عبر ارتباطات دقيقة من طبيعة المشابك الكهربائية Electric synaptics، وعبر هذه المشابك تنتقل كمونات الفعل المنتشرة في أحد الألياف بسرعة إلى كامل ألياف العضلة، الأمر الذي يجعلها تتقلص في وقت واحد تقريباً بسعة قصوى. فإذا نبهنا البطين بصدمات كهربائية أعلى من العتبة الدنيا الخاصة بنسجه في نهاية الانقباض أو في مرحلة الاسترخاء فإنه يرد على ذلك بالتقلص بسعة قصوى. نطلق على استجابة القلب المحرضة بالتنبيه الكهربائي اسم الانقباض الإضافي Extrasystole، ويلي هذا الانقباض فترة يتوقف القلب خلالها عن التقلص، بفترة تدعى بفترة الراحة المُعاوِضة Compensatory pause. أما إذا نبه البطين خلال فترة تقلصه فإنه لا يستجيب إطلاقاً لأنه يمر في زمن استعصاء مطلق Absolute refractory هذا من جهة . ومن جهة أخرى فإن زمن كمون الفعل في ألياف عضلة الأذينة يصل إلى /١٠٠/ ميلي ثانية، وفي ألياف عضلة البطين بحدود/٢٠٠/ ميلي ثانية، وأن زمن تقلص ألياف عضلة القلب يواكب معظم زمن كمون فعل هذه الألياف(الشكل ٢٠ـــ C)، وتضمن هذه الخاصة عدم تقلص القلب تقلصاً تكززياً.

هدف التجربة:

تسجيل مخطط حركات القلب الطبيعيّة، ودراسة تبدلات الحركات الإيقاعية للقلب بالتنبيه الخارجي، وإيضاح منشأ الضربة القلبية باستعمال ربطات ستانيوس .

الأدوات المستخدمة:

الكيموغراف وملحقاته (جهاز تنبيه- غرفة العصب والعضلة تزود بلوح فلين حامل للضفدع ـ رافعة ومؤشر تسجيل خاص بقلب الضفدع ـ مسرى تنبيه وأسلاك وصل كهربائية) دبابيس ـ خيطان ـ قطن ـ سائل رينغر بدرجة حرارة الغرفة وسائل رينغر بارد وآخر ساخن ـ ضفدع.

طريقة العمل:

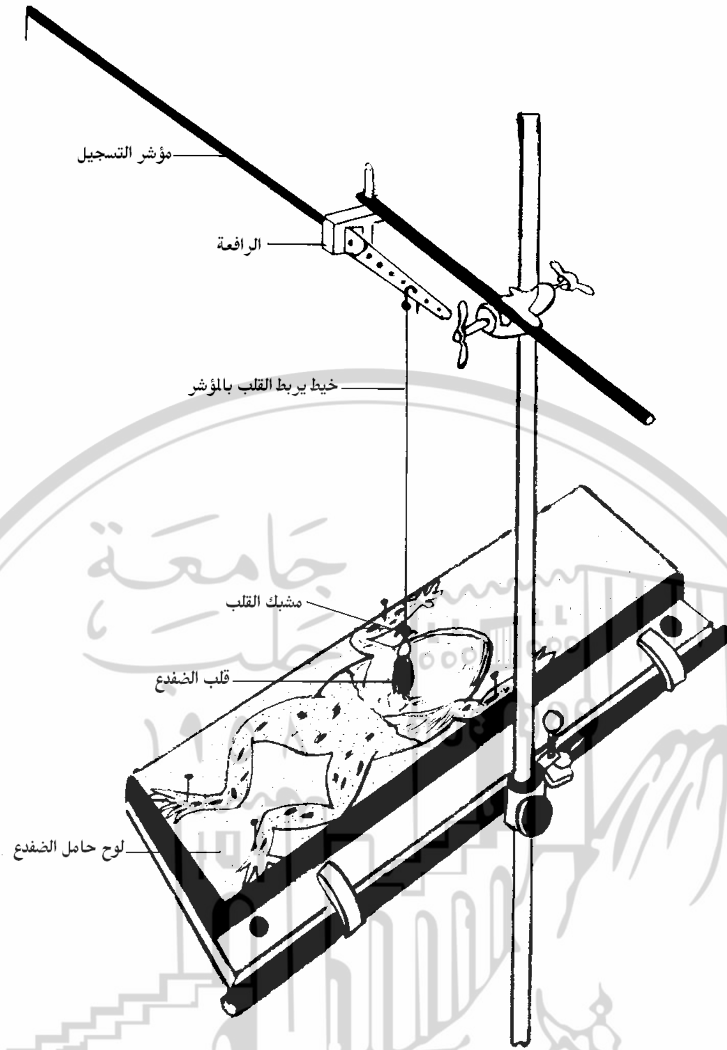
لإنجاز التجارب المتعلقة بقلب الضفدع يجب إتباع خطوات العمل التالية:

١- إعداد التجربة: ثبت الغرفة الزجاجية أو اللوح الخشبي الخاص بالضفدع وجهاز تخطيط القلب على الحامل المعدني المثبت على أحد ذراعي الكيموغراف كما هو موضح في الشكل (٣٩) . ثم ثبت مسريي التنبيه على جدار الغرفة الزجاجية. حضر الاسطوانة المهببة، وضعها في مكانها المناسب على جهاز الكيموغراف.

٢ـ تنخيع الضفدع: خرب المحور الدماغي الشوكي للضفدع وذلك بتنخيعها بوساطة دبوس معدني.

٣ـ تحرير قلب الضفدع: ضع الحيوان في حوض تشريح وبطنه باتجاه الأعلى، وثبته بالحوض بوساطة دبابيس تغرس في نهايات أطرافه الأربعة. ثم قص الجلد في منطقة الصدر، وابحث عن عظم القص، ألقط هذا الأخير بملقط وارفعه باتجاه الأعلى حتى تتمكن من قص عضلات الصدر دون إلحاق الأذى بالقلب الذي يقع تحتها. يظهر القلب بعد رفع عضلات الصدر وعظم القص محاطا بغشاء التامور Pericardium. حرر القلب من التامور وذلك بتمزيق التامور بوساطة ملقطين دقيقين.

٤ـ وضع الحيوان في مكانه المناسب: ضع الحيوان في الغرفة الزجاجية المخصصة. و أخفض جهاز تخطيط القلب باتجاه الضفدع. وعلّق ذروة البطين بملقط القلب الخاص (شكل ٣٩) وازن الرافعة بحيث يكون مؤشر التسجيل أفقياً قدر الإمكان في مرحلة استرخاء القلب. كما يجب أن يكون الخيط الواصل بين القلب ورافعة التسجيل عمودياً. ويجب الانتباه إلى ضرورة إضافة قطرات من سائل رينغر إلى القلب بين فترة وأخرى لتحاشي جفافه.

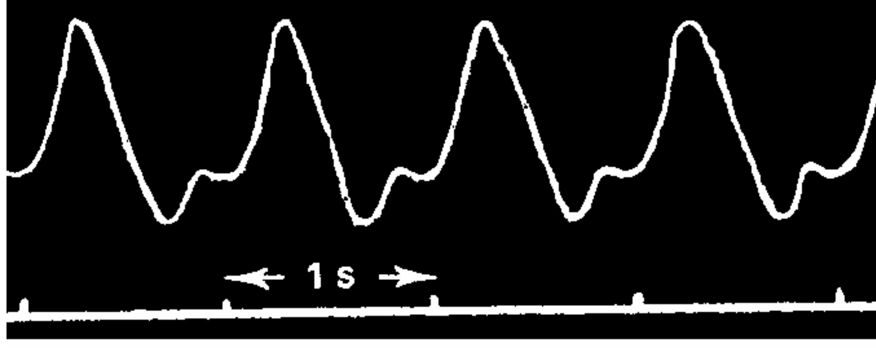


الشكل رقم(٣٩): تخطيط يبين طريقة تسجيل ضربات القلب في الضفدع.

٥ـ تسجيل مخطط ضربات القلب تحت تأثير درجات حرارة مختلفة:

اتبع خطوات العمل التالية:

أـ لامس رأس مؤشر التسجيل لاسطوانة الكيموغراف المهببة وشغل جهاز الكيموغراف بسرعة(٣مم/ثا) وسجل مخطط ضربات القلب الطبيعية (شكل ٤٠) بدرجة حرارة المخبر. ولاحظ أن كل انقباض Systole يتألف من ثلاث حوادث متتالية هي الانقباض الجيبي والانقباض الأذيني ثم الانقباض البطيني. وتتمثل هذه الانقباضات على مخطط التسجيل بالمنحنى الصاعد، بينما يمثل المنحنى الهابط نهاية الانقباض البطيني وفترة استرخاء القلب أو انبساطه Diastole.



الشكل رقم(٤٠): مخطط ضربات قلب الضفدع.

ب ــ تابع التسجيل، وضع بضع قطرات من سائل رينغر حار (درجة حرارته بحدود ٤٠ م) على المنطقة الجيبية للقلب، ولاحظ أن ارتفاع درجة الحرارة تسبب زيادة في ضربات القلب.

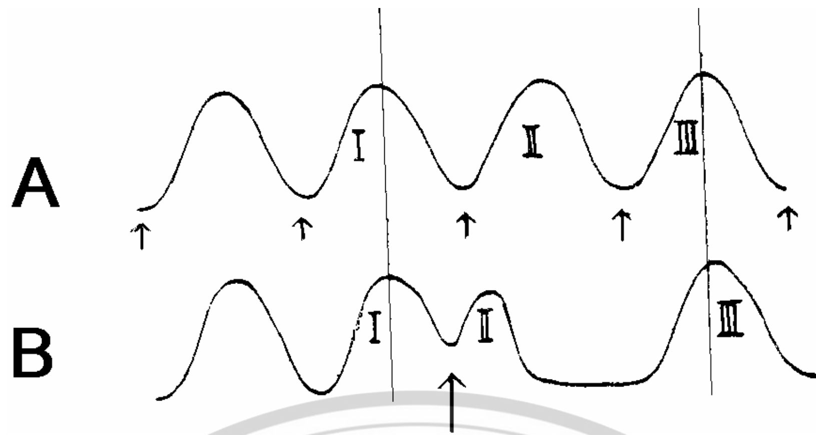
ج ــ انتظر حتى يعود القلب إلى تواتره الطبيعي. تابع التسجيل، وضع من جديد بضع قطرات من سائل رينغر بارد. ولاحظ تناقص ضربات القلب. فسّر النتائج.

٦ــ تسجيل الانقباضات الإضافية:

أنجز خطوات العمل التالية:

اــ صل الكترودي التنبيه بمأخذي جهاز التنبيه، ولامس المسرى السالب لبطين الضفدع، والمسرى الموجب لجسم الضفدع.

ب ــ شغل جهاز الكيموغراف على السرعة (٣مم/ثا) ونبه القلب يدوياً بصدمات كهربائية ذات موجة قائمة قصيرة قوتها بحدود (٣) فولط خلال فترة انقباض البطين وانبساطه، ولاحظ عدم استجابة القلب إذا نبه خلال فترة الانقباض. أما إذا حصل تنبيه القلب خلال فترة الانبساط فإنه يستجيب بتقلص إضافي، يعقبه فترة راحة زمنها أكثر من زمن الانبساط الطبيعي، نطلق عليها فترة الراحة المُعاوِضة (شكل ٤١). أما الانقباض الذي يلي فترة الراحة المُعاوضة فإنه انقباض عادي جاء بعد حذف انقباض طبيعي سبق وحل محله الانقباض الإضافي. ولو قسنا المسافة بين بداية الانقباض العادي الذي يسبق الانقباض الإضافي وبين بداية الانقباض العادي الذي يعقب الانقباض الإضافي لوجدناها تساوي ضعف زمن الضربة القلبية الواحدة، مما يعني أن تواتر ضربات القلب لم يتبدل.



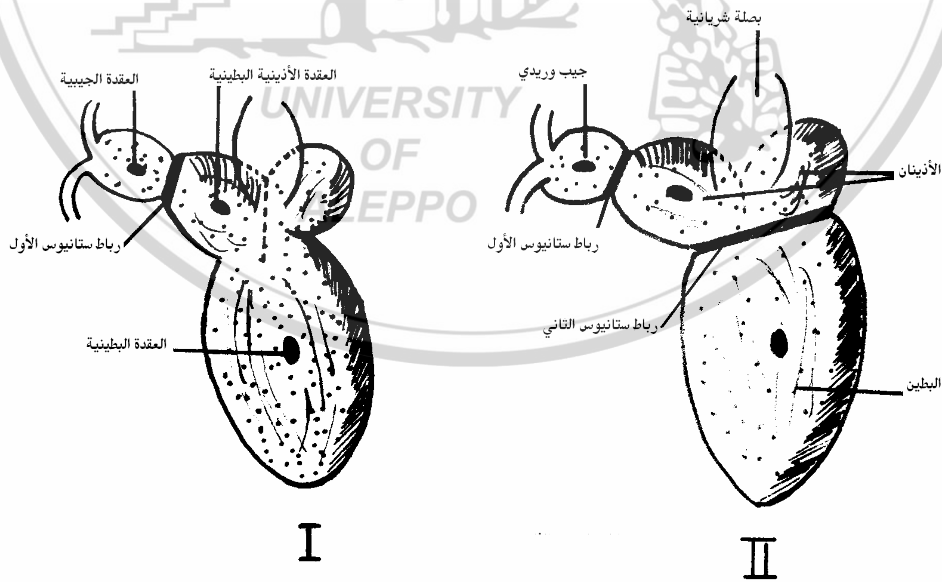
الشكل رقم (٤١) المخطط الطبيعي لقلب الضفدع (A) والانقباض الإضافي (B).

ج ــ لامس مسرى التنبيه السالب للجيب الوريدي ونبّه القلب في فترة انقباضه أو فترة انبساطه، ولاحظ إمكانية الحصول على انقباضات إضافية غير متبوعة بفترات راحة تعويضية.

٦ــ ربطات ستانيوس Stannius ligatures:

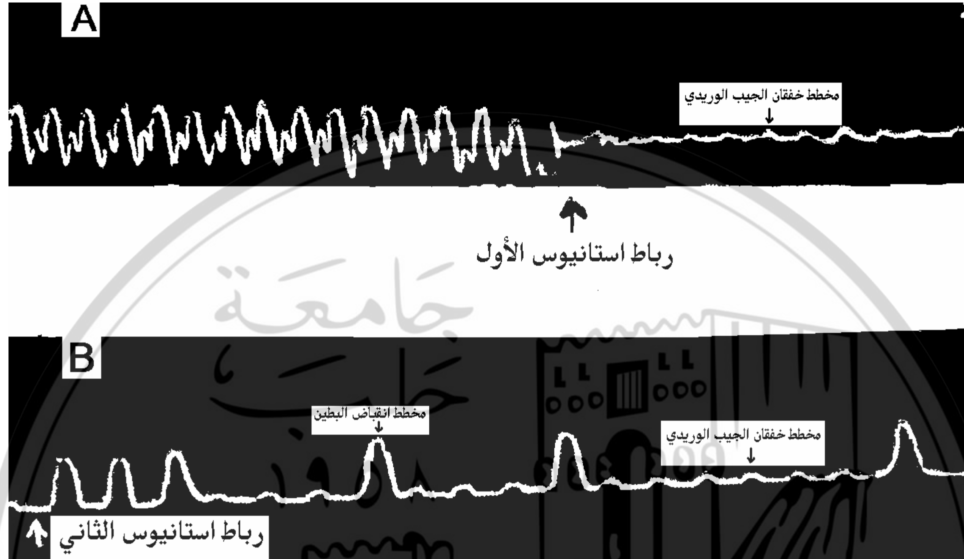
اتبع في ذلك خطوات العمل التالية:

أــ خذ خيطين بلونين مختلفين بطول ١٠سم تقريباً لكل منهما. اصنع من الأول عقدة رخوة في المنطقة الواقعة بين الجيب الوريدي والأذينتين (شكل٤٢) و اصنع من الثاني عقدة رخوة في سوية الحد الفاصل بين الأذينتين والبطين.



الشكل رقم(٤٢) تخطيط مبسط لعضلة قلب الضفدع يبين ربطة ستانيوس الأولى والثانية (I. رباط ستانيوس الأول، II. رباط ستانيوس الثاني).

ب ــ سجل مخطط ضربات القلب العادية، وأثناء متابعتك التسجيل، شدّ عقدة الخيط الأول الواقع بين الجيب الوريدي والأذينتين (ربطة ستانيوس الأولى). ولاحظ توقف ضربات البطين والأذينتين، في حين يستمر خفقان الجيب الوريدي لوحده مسجلاً آثاراً بسيطة على مخطط التسجيل (شكل ٤٣).



الشكل رقم (٤٣): مخطط ضربات القلب بفعل ربطات ستانيوس الأولى(A) والثانية(B).

ج ــ شد عقدة الخيط الثاني الموجودة بين البطين والأذينتين (ربطة ستانيوس الثانية) في نفس الوقت التي تبقى فيه ربطة ستانيوس الأولى مشدودة أثناء متابعتك التسجيل. ولاحظ أن البطين يبدأ بالانقباض مجدداً، ولكن بتواتر وسعة أقل من الحالة العادية. بينما تبقى الأذينتان خامدتين. إذ نرى على مخطط التسجيل إيقاعات جيبية صغيرة يتناوب معها بين الحين والآخر إيقاعات غير منتظمة كبيرة تمثل انقباضات البطين.

د ــ أنجز نفس التجربة على ضفدع آخر، ولكن في هذه المرة، اصنع عقدة رخوة واحدة فقط في المنطقة الواقعة بين الأذينتين والبطين. وسجل مخطط ضربات القلب العادية، وأثناء متابعتك التسجيل، شدّ عقدة الخيط، ولاحظ استمرار خفقان الجيب الوريدي والأذينتين بشكل منتظم، ويتناوب معها بين الحين والآخر إيقاعات غير منتظمة لانقباضات البطين تظهر بتواتر أقل.

هـ ارفع ورقة التسجيل بعد وضع إشارات ورموز تدل على مراحل التجربة وغطسها في محلول القلفونية لتثبيت المخططات. فسّر النتائج.

التجربة الثانية

تأثير بعض الشوارد والمركبات الصيدلانية على فعالية القلب المعزول من الضفدع

هدف التجربة:

دراسة تأثير بعض الشوارد المعدنية كشوارد الصوديوم والكالسيوم والبوتاسيوم على تقلصات عضلة القلب المعزول من الضفدع، ثم دراسة تـأثير بعـض المـواد الصيدلانية كالأستيل كـولين Acetylcholin والأدرينـالين Adrinalin والأتـروبين Atropine على فعالية القلب المعزول.

الأدوات المستخدمة:

- كيموغراف وملحقاته.
- رافعة ومؤشر تسجيل خاص بعضلة القلب، وملقط عضلة القلب.
- قثطرة معدنية تحمل بالقرب من ذروتها انتفاخ بسيط يساهم فـي تثبيـت ذروة القثطرة ضمن القلب المعزول ، وتثبت القثطرة على سدادة قارورة بلاستيكية.
- محاقن سعة (١٠) مل عدد(٢) ــ بيكر سعة (١٠٠) مل ــ قطن ــ خيطان ــ ضفدع ــ محلول فيزيولوجي (سائل رينغر) ــ محلول كلور الـصوديوم ــ محلول كلور الكالسيوم ــ محلول (كلور الصوديوم + كلور الكالـسيوم) ــــ محلول(كلور الصوديوم+ كلور الكالسيوم + كلور البوتاسيوم).
- محاليل أستيل كولين بتراكيز ($١٠^{-٣}$، $١٠^{-٤}$، $١٠^{-٥}$، $١٠^{-٦}$، $١٠^{-٧}$) مغ/مل ممددة ضمن المحلول الفيزيولوجي ــ محلول الأدرينـالين بتركيـز $١٠^{-٤}$ مغ/مل
- محلول الأتروبين بتركيز $١٠^{-٤}$ مغ/مل ضمن السائل الفيزيولوجي.

طريقة العمل:

أولاً ــ تحضير القلب المعزول: أنجز خطوات العمل التالية:

١ــ خرب الجملة العصبية المركزية للضفدع وذلك بتنخيعها بواسطة إبرة خياطة.

٢ــ اكشف عن قلب الضفدع بالطريقة المعتادة. وحرره من الشغاف المحيط بــه، ثــم أدخل خيطاً تحت الأبهر الأيسر، واصنع منه عقدة رخوة تحيط به.

٣ــ أنجز بوساطة مقص صغير جرحاً مائلاً وغير كامل في جــدار الأبهــر الأيــسر بشكل يسمح بإدخال رأس القثطرة داخل الأبهر، ومنه إلــى الجــذع الــشرياني فالبطين. و بعد التأكد من وجود رأس القثطرة ضمن البطين. شدّ العقدة الرخــوة المحيطة بالأبهر بغية تثبيت القثطرة في القلب.

٤ــ ارفع القلب بوساطة القثطرة، واقطع الأبهرين الأيسر والأيمن، ثم اقطــع الأوردة في أبعد نقطة ممكنة من القلب. فتحصل عندئذٍ على القلب المعــزول مثبتــاً فــي القثطرة.

٥ــ ثبت القثطرة على حاملها بوساطة ملقط خاص، ثم ضع محقــن ملــئ بــالمحلول الفيزيولوجي في مكانه المناسب من القثطرة. وادفع كمية من السائل الفيزيولوجي ضمن القلب وذلك لطرح ما تبقى في داخله من دم. ارفع بعد ذلك مكبس المحقن واترك السائل الفيزيولوجي يغذي عضلة القلب بشكل مستمر ومتجدد.

٦ــ اربط القلب برافعة التسجيل باستخدام ملقط القلب الخاص والمربوط بخيط يــصل بين القلب ورافعة التسجيل كما في الشكل (٤٤).

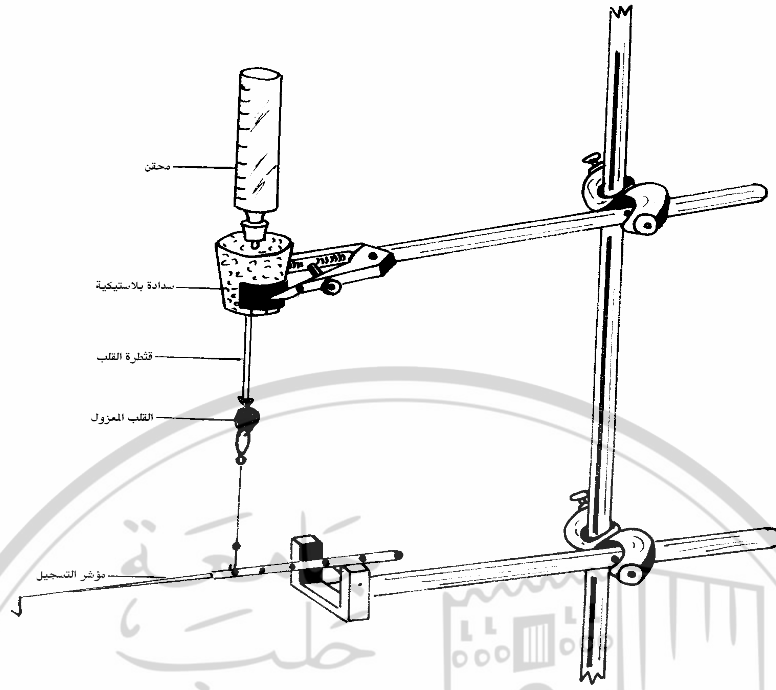
٧ــ ثبت ورقة التسجيل على اسطوانة الكيموغراف واطليها بالهباب، وضع الاسطوانة في مكانها المناسب على جهاز الكيموغراف.

ثانياً ــ تسجيل المخططات:

لتسجيل انقباضات القلب المعزول بشكل جيد يجب إتّباع الإرشادات التالية:

١ــ يجب أن يكون الخط الواصل بين القلب ورافعة التسجيل عمودياً بالنسبة للرافعــة ومشدوداً بشكل يسمح لمؤشر التسجيل بالحركة بأقصى سعة ممكنة.

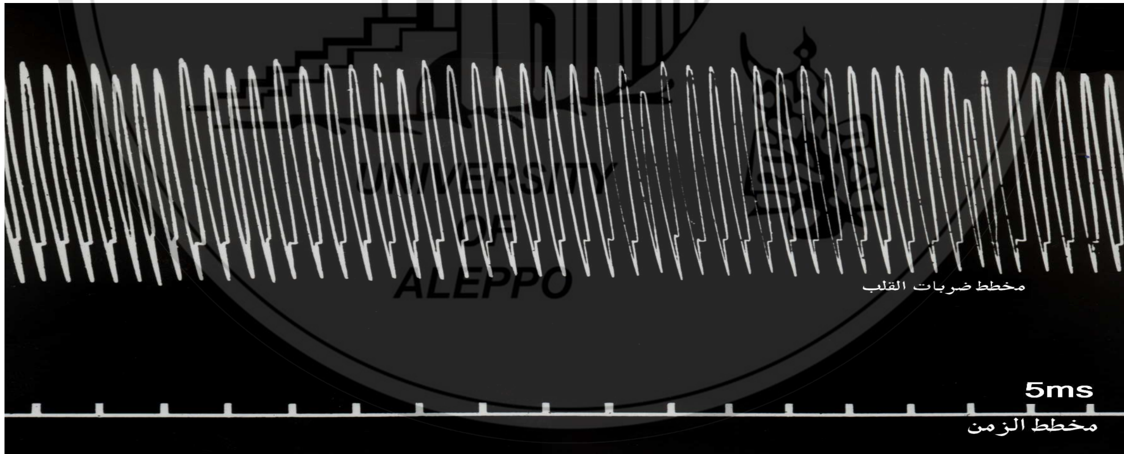
٢ــ يجب التأكد من تجدد السائل الفيزيولوجي المار ضمن القلــب وذلــك بملاحظــة استمرار تساقط قطرات السائل من عضلة القلب.



الشكل رقم(٤٤): تخطيط تجربة القلب المعزول من الضفدع.

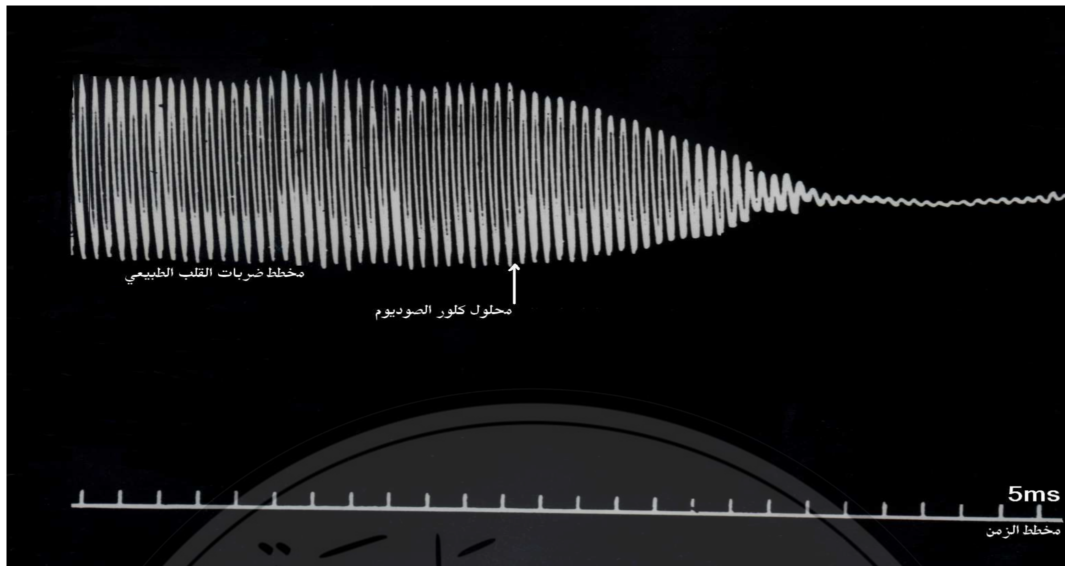
٣ــ قرب رأس مؤشر التسجيل من اسطوانة الكيموغراف ولامسه للاسطوانة ثم شغل الكيموغراف بسرعة ٣ مم/ثا.

٤ــ سجل مخطط ضربات القلب المعزول في شروط تغذيته بسائل رينغر(الشكل٤٥).



الشكل رقم(٤٥): مخطط ضربات القلب الطبيعي.

٥ــ استبدل السائل الفيزيولوجي بمحلول كلور الصوديوم، وسجل مخطط ضربات القلب تحت تأثير شاردة الصوديوم فقط. ولاحظ تناقص قوة ضربات القلب ثم توقفها في مرحلة الانبساط (الشكل٤٦).



الشكل رقم(٤٦): مخطط قلب الضفدع أثر تغذية القلب بمحلول كلور الصوديوم بدلاً من سائل رينغر.

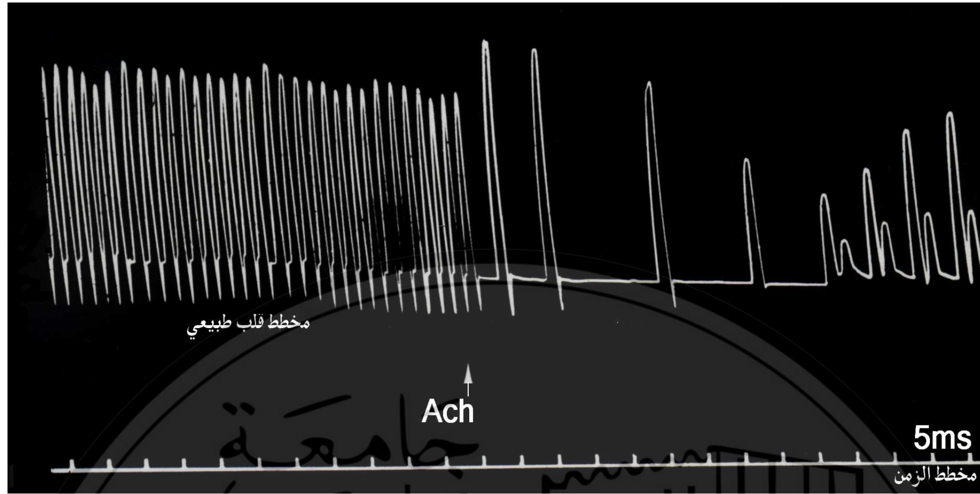
٦ــ استبدل محلول الصوديوم بمزيج من محلول كلور الصوديوم وكلور الكالسيوم، وسجل مخطط حركات القلب تحت تأثير شاردتي الصوديوم والكالسيوم معاً. ولاحظ عودة فعالية القلب والتي تترافق مع زيادة توتر القلب، بحيث يكون انبساطه أحياناً غير كامل.

٧ــ استبدل المحلول السابق بمحلول يحتوي على مزيج من كلور الصوديوم وكلور الكالسيوم وكلور البوتاسيوم، وسجل مخطط حركات القلب تحت تأثير شوارد الصوديوم والبوتاسيوم والكالسيوم، ولاحظ عودة القلب لانقباضه الطبيعي كما كان عليه أثناء تغذيته بسائل رينغر.

٨ــ استبدل المحلول السابق بسائل رينغر وسجل حركات القلب من جديد.

٩ــ ابحث عن عتبة تأثير الأستيل كولين في عضلة القلب التي تحدث تبدلاً في تواتر ضربات القلب، وذلك بتغذيته بمحلول فيزيولوجي أضف إليه أستيل كولين بتركيز محدد ، وابدأ بدراسة تأثير الأستيل كولين الأدنى تركيزاً ($١٠^{-٧}$ مغ/مل). فإذا لم يؤثر على تواتر ضربات القلب استبدله بمحلول تركيزه ($١٠^{-٦}$ مغ/ مل). استمر في رفع تركيز الأستيل كولين حتى تلاحظ تباطؤ في

ضربات القلب ومن ثم توقفه. سجل مخططات ضربات القلب تحت تأثير محاليل الأستيل كولين المختلفة التركيز (الشكل٤٧).

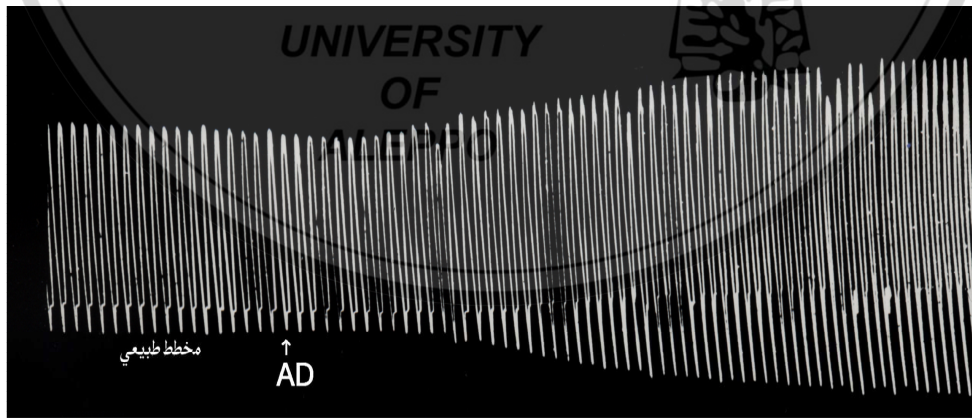


الشكل رقم(٤٧): تأثير الأستيل كولين على قلب الضفدع.

١٠ــ استبدل المحلول السابق بمحلول الأتروبين الممدد في السائل الفيزيولــوجي مــع متابعة التسجيل. ولاحظ ازدياد ضربات القلب.

١١ــ أعد دراسة الأستيل كولين الذي سبب توقف عضلة القلب من جديد، ولاحظ أنــه لا يوجد تأثير للأستيل كولين بعد الأتروبين مباشرة.

١٢ــ استبدل المحلول السابق بمحلول الأدرينالين الممدد في السائل الفيزيولوجي مــع متابعة التسجيل، ولاحظ ازدياد قوة ضربات القلب (الشكل٤٨).



الشكل رقم(٤٨): تأثير الأدرينالين على قلب الضفدع.

١٣ــ ارفع ورقة التسجيل بعد وضع الإشارات والرموز التــي تــدل علــى مراحــل التجربة وثبتها في محلول القلفونية.

١٤ــ فسّر النتائج.

التجربة الثالثة
تخطيط كهربائية قلب الإنسان

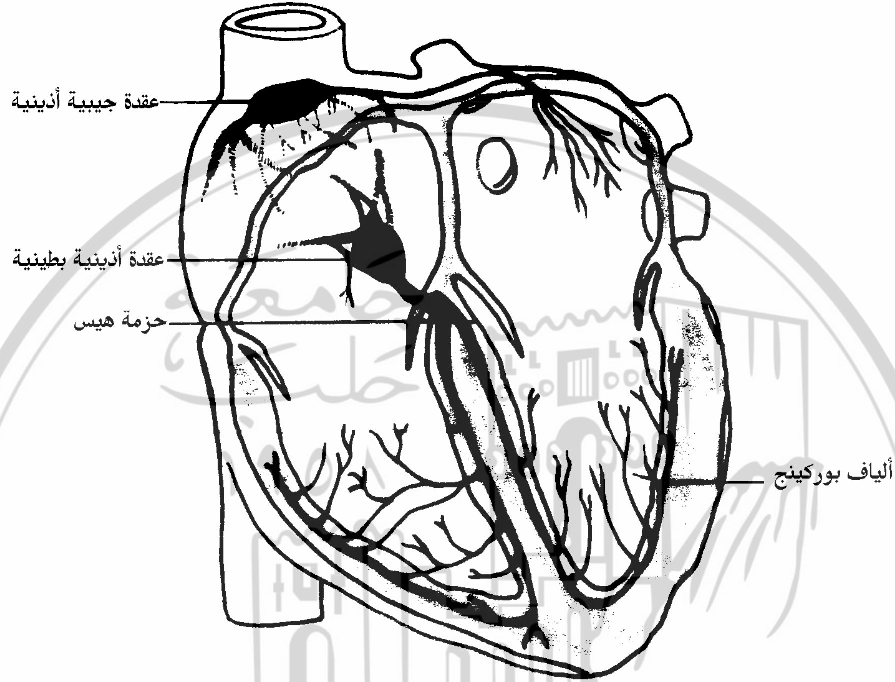
أصبح من المعروف لدينا أنه يسبق العمل الآلي لأي عضلة عمل كهربائي يتمثل بكمونات الفعل المنتشرة عبر أغشية الخلايا المُنبهة الداخلة في تركيب العضلة المتقلصة. ويمكن الكشف عن التبدلات الكهربائية المرافقة لانتشار كمونات الفعل وتسجيلها باستخدام أجهزة حساسة لتبدلات الفولطية.

وبالنسبة لعضلة القلب التي تتميز بالعمل الذاتي الدوري، فإن الفعالية الكهربائية المرافقة لانقباضات هذه العضلة يمكن اكتشافها وتسجيلها باستخدام جهاز تخطيط كهربائية القلب Electrocardiograph. ويُعرف المخطط الناتج باسم مخطط كهربائية القلب Electrocardiogram، ويرمز له بـ (E,C,G).

وانطلاقاً من فكرة العمل الذاتي للقلب، يمكن تشبيه عضلة القلب في المتعضية الحية بمولد كهربائي يوجد في وسط ناقل. ويمكن للتيار المتولد فيه أن ينتشر في نسج الجسم على مسافة أكبر من عضلة القلب ليصل جزء منه إلى سطح الجسم، ويمكن استقبال تبدلات هذا التيار بوساطة مساري Electrodes معدنية جيدة النقل للكهرباء متصلة بجهاز التخطيط، تُثبت هذه المساري على سطح الجلد في أماكن محددة من الأطراف والصدر. هذا وتبلغ شدة التيار المنتشرة من هذا المولد قيمتها العظمى على طول محور القلب الممتد بين قاعدته وذروته.

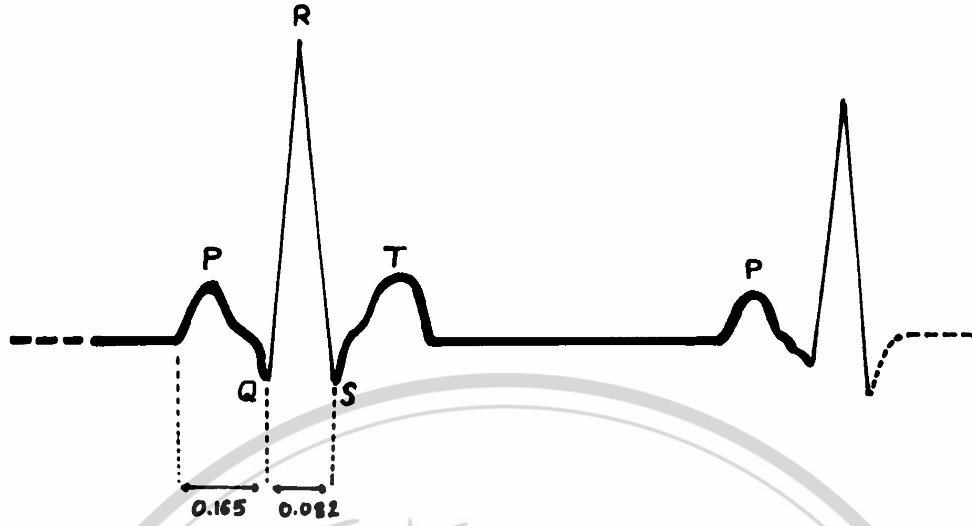
ينشأ التيار الكهربائي لكمونات الفعل المولدة لضربات قلب الثدييات، ولكل دورة قلبية، من العقدة الجيبية الأذينية التي توجد في جدار الأذينة اليمنى للقلب، وينتشر في ألياف عضلة الأذينتين قبل انتشاره في البطينين، لذلك يظهر خلال الدورة القلبية فترة زمنية يزول فيها استقطاب Depolarisation أغشية خلايا الأذينتين، بينما البطينان مازالا محافظين على استتقطابهما Polarisation، الأمر الذي يؤدي إلى ظهور فرق في الطاقة الكهربائية على مناطق الجسم. ثم يختفي هذا الفرق عند وصول التنبيه الناتج عن انتشار كمونات الفعل إلى العقدة الأذينية البطنية التي تعمل على تأخير انتشاره بسبب طبيعة خلاياها، ولا تسمح بانتشاره إلى البطينين إلا عبر حزم

ناقلة خاصة تخترق الحاجز الأذيني البطيني والجدار الفاصل بين البطينين هي حزمة هيس His ثم ألياف بوركينج Porkinje (الشكل٤٩)، ومنها ينتشر نزع الاستقطاب بسرعة في ألياف عضلة البطينين، فتظهر موجة كهربائية جديدة، يليها فترة عودة استقطاب Repolarisation الأذينتين والبطينين.



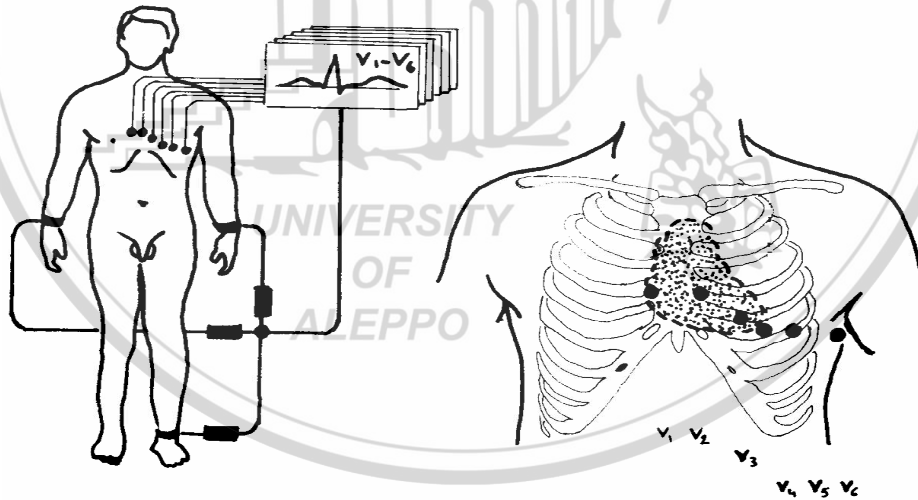
الشكل رقم (٤٩): النسيج العقدي في قلب الثدييات.

تشريحياً، يتألف قلب الثدييات من أربعة أجواف، غير أنه يعتبر من وجهة نظر كهربائية مكوناً من اثنين فقط. لأن الأذينتين تتقلصان معاً، يتبعها تقلص البطينان كذلك معاً، وبما أن الكتلة العضلية للأذينتين صغيرة نسبياً، فإن التبدل الكهربائي المرافق لتقلصهما يكون صغيراً، ويتمثل بالموجة (P) على مخطط كهربائية القلب (شكل٥٠). أما الكتلة البطينية فهي كبيرة ويرافق تقلصها تبدل كهربائي ضخم مقارنة بالتبدل الكهربائي للأذينتين. و يتمثل هذا التبدل بالموجة (QRS). أما الموجة (T) التي تظهر على مخطط كهربائية القلب فتمثل عودة الأذينين والبطينين إلى حالة الراحة (عودة استقطاب).



الشكل رقم(٥٠): تخطيط يبين أقسام وأزمان مخطط كهربائية قلب الإنسان.

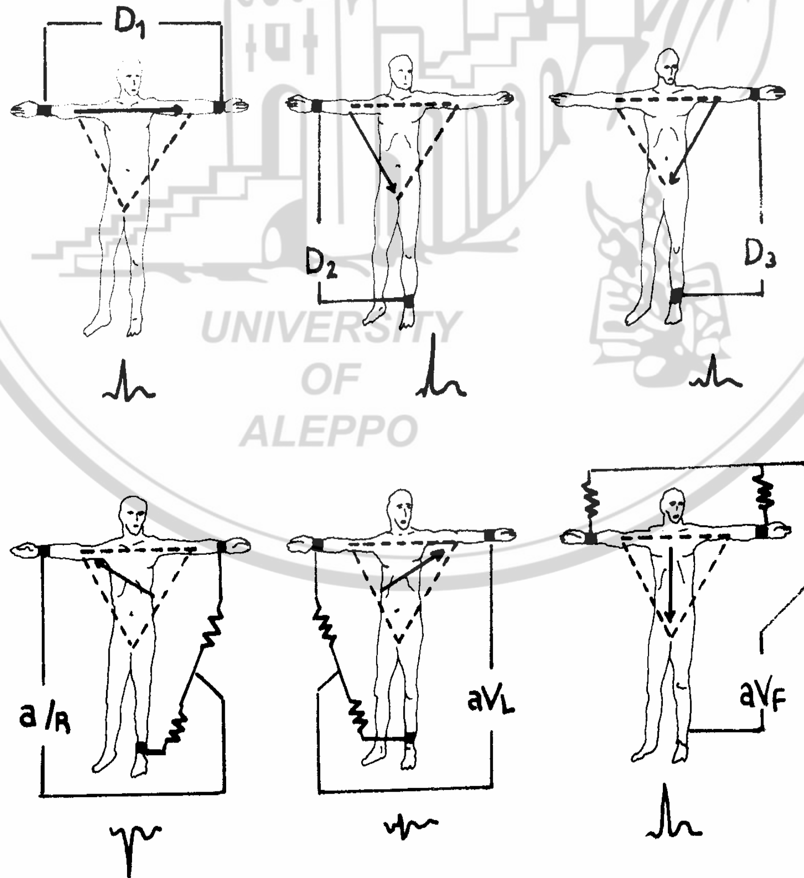
هذا وتسمح تقنيات تخطيط كهربائية القلب بالنظر إلى القلب من مختلف جوانبه وذلك باستعمال عشرة مساري تسجيل. أربعة منها تثبت في نهايات الأطراف الأربعة بوساطة صفائح معدنية مرتبطة بسيور مطاطية، وستة مسارٍ على شكل أقماع معدنية تُثبّت في أماكن محددة بين الضلعين الرابع والخامس (شكل ٥١).



الشكل رقم (٥١): أماكن تثبيت مساري التسجيل في التخطيط الكهربائي لقلب الإنسان.

وتُمكننا هذه المساري من تسجيل اثني عشر مخططاً مختلفاً للقلب. فمساري الأطراف تسمح بالنظر إلى القلب من جوانبه ومن الأسفل، كما تساهم في تحديد محور القلب وذلك بتسجيل فعاليته عبر ستة مسارات عيارية (شكل ٥٢) وقد اصطلح على تسميتها كما يلي:

- المسار الأول (I): يتم من خلاله تسجيل الفعالية الكهربائة للقلب بين الذراع الأيمن والذراع الأيسر.
- المسار الثاني (II): يتم من خلاله تسجيل الفعالية بين الذراع الأيمن والساق اليسرى.
- المسار الثالث(III)يتم من خلاله تسجيل الفعالية بين الذراع الأيسر والساق اليسرى.
- المسار الرابع (AVR): بين الذراع الأيمن ومجموع الذراع الأيسر والرجل اليسرى.
- المسار الخامس (AVL): بين الذراع الأيسر ومجموع الذراع الأيمن والرجل اليسرى.
- المسار السادس (AVF): بين الساق اليسرى ومجموع الذراعين الأيمن والأيسر.



الشكل رقم(٥٢): المسارات العيارية في التخطيط الكهربائي لقلب الإنسان.

علماً أن المسارات الثلاثة الأولى تُمكننا من تسجيل فروق كمونات فعل القلب بين الأقطاب المعنية بشكل مثنى. أما المسارات الثلاثة الأخرى فتسجل فروق كمونات فعل القلب بين كل من أحد المساري الثلاثة وبين مجموع المسريين الآخرين. وهي تسمح لنا بتسجيل الفعالية الكهربائية الأحادية القطب للجزء من القلب الذي يقابل المسرى الفعال.

هذا وتنظر المسارات I وII وAVL إلى السطح الجانبي الأيسر للقلب. بينما ينظر المساران III و AVF إلى السطح السفلي . في حين ينظر AVR إلى الأذينتين. أما المساري الصدرية الستة والتي يرمز لها بـ(V6;V5;V4;V3;V2;V1) فتستخدم للنظر إلى الوجه الأمامي للقلب مباشرة (شكل ٥١). فالمساران V1 وV2 ينظران إلى البطين الأيمن. وينظر المساران V3 و V4 إلى الحاجز بين البطينين وإلى الجدار الأمامي للبطين الأيسر. في حين ينظر V5 و V6 إلى الجدارين الأمامي والجانبي للبطين الأيسر.

كما تسمح المسارات I ، II ، III بتحديد محور القلب الذي يأخذ شكل شعاع ينطلق من مركز مثلث تتوافق أضلاعه مع هذه المسارات، ويرمز هذا الشعاع إلى القوة الكهربائية للموجة(QRS) من مخطط كهربائية القلب والتي تتوافق مع انقباض البطينين. ويكون هذا الشعاع في القلب الطبيعي متجهاً إلى الأسفل واليسار.

هدف التجربة:

تسجيل مخططات كهربائية قلب الإنسان، وتحديد محور القلب.

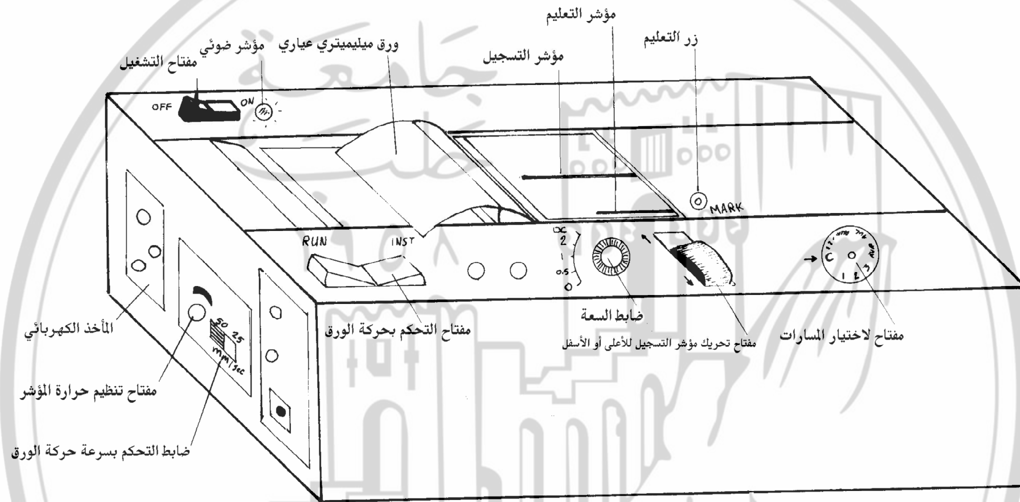
الأدوات المستخدمة:

جهاز تخطيط كهربائية القلب ــ أسلاك وصل كهربائية ــ مسارٍ وسيور لتثبيت المساري ــ معجون ناقل ــ ورق ميليمتري ــ مسطرة ومنقلة.

وصف الجهاز:

صمم جهاز تخطيط كهربائية القلب لاستقبال وتسجيل تبدلات الظواهر الكهربائية الحيوية Bioelectric الضعيفة السعة(ككمونات الفعل المرافقة لعمل القلب)

وتضخيمها بشكل مناسب، ثم تحويلها إلى خطوط بيانية ترتسم علـــى ورق ميليمتـــري خاص بالجهاز. ويحتوي هذا الجهاز على جمل مغناطيسية كهربائية Electromanetic يتصل بها مؤشر تسجيل شديد الحساسية للحرارة. ففي أثناء تسجيل مخطط كهربائيـــة القلب، تتأثر الجمل المغناطيسية بالتبدلات الكهربائية الحيوية للقلب، ويتحـــرك معهـــا مؤشر التسجيل بشكل يتوافق مع التبدلات الكهربائية ليرسمها على ورق مليمتـــري ذي حساسية عالية للحرارة. هذا ويحمل الجهاز (شكل ٥٣) عدداً مـــن المفـــاتيح والأزرار للتحكم باختيار مسارات التسجيل والسعة المختارة.



الشكل رقم(٥٣): تمثيل لجهاز تخطيط كهربائية القلب.

طريقة العمل:

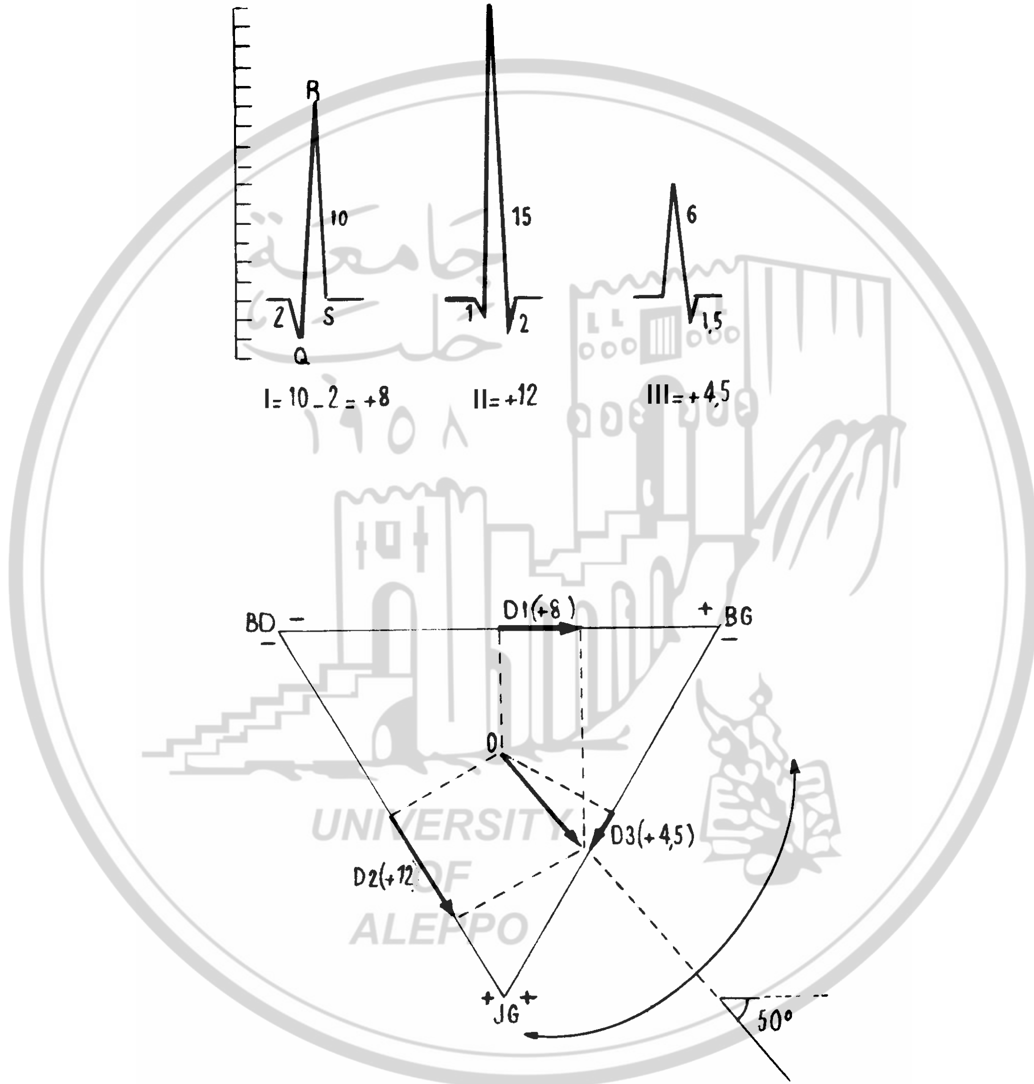
١ــ صل مأخذ جهاز تخطيط كهربائية القلب بالتيار الكهربائي.

٢ــ ثبت مساري التسجيل على أطراف الشخص المراد تخطيط قلبه وذلك بعد دهنهـــا بالمعجون الناقل.

٣ــ سجل مخططات كهربائية القلب الموافقة للمسارات I و II و III.

٤ــ حدد القطبية والسعة الوسطى للموجة (QRS) في المخطـــط الموافـــق للمـــسار I والمسار II. علماً أن الانحراف الممتد فوق الخط الأساسي يتوافق مـــع تبـــدلات موجبة الكمون والانحراف الممتد أسفل الخط الأساسي يدل على إشـــارة ســـالبة (شكل).

٥ــ ارسم مثلث متساوي الأضلاع (الشكل ٥٤)، تمثل أضلاعه المــسارات I وII و III. وحدد على الضلع الموافق للمسار(I) شعاعاً ينطلق من وسط الضلع بطول يتوافق مع الحاصل الجبري للموجة (QRS) الخاصة بالمخطط المــسجل عبــر المسار(I) وجهتة، ثم ارسم بالطريقة نفسها شعاع المسار (II).



الشكل رقم(٥٤): طريقة تحديد محور القلب بالاعتماد على موجة(QRS) لمخطط كهربائية القلب في كل من المسارات I11;II;1 (BD:ذراع أيمن، BG: ذراع أيسر، JG: ساق يمنى).

٦ــ أسقط من نهايتي كل شعاع عمودين ليشكل كل منهما شــبه منحــرف. والــضلع المشترك لهذين الآخريين هو عبارة عن الشعاع الذي يتوافق مع محــور القلــب. قدّر الزاوية التي يشكلها هذا المحور بالنسبة للمستوى الأفقي.

التجربة الرابعة

قياس الضغط الشرياني للأرنب

يتكون جهاز الدوران من مجموعة أوعية دموية (أوردة وشرايين) متصلة مع القلب. ويعتبر القلب بمثابة مضخة تدفع الدم ضمن الشرايين إلى أنحاء الجسم، ويعود الدم إليه عبر الأوردة. ويطلق على القوة التي تدفع الدم في الأوعية الدموية بالضغط الدموي Blood pressure. ويسمى الضغط الناتج عن الانقباض البطيني بالضغط الانقباضي Systolic pressure ويسمى الضغط المرافق لاسترخاء القلب بالضغط الانبساطي Diastolic pressure، وبسبب تبدلات الضغط الانقباضي والانبساطي مع كل ضربة قلبية يتدفق الدم ضمن الأوعية بشكل متقطع، ويرافق ذلك تبدل في الضغط داخل هذه الأوعية. ففي الشرايين يتعلق هذا الضغط بعدة عوامل أهمها قطر الشريان وحجم الدم في جهاز الدوران وكمية الدم المتدفقة في الشريان مع كل ضربة قلبية، كما يتطلب تنظيمه تدخل آليات معقدة عصبية ونفسية وخلطية.

هذا ويعتبر الضغط الشرياني واحداً من المعايير الأساسية التي ترشدنا إلى مدى سلامة فعالية القلب والدوران الدموي. ويمكن قياس الضغط الشرياني بطريقة مباشرة وذلك بإدخال مسبار متصل بمقياس الضغط في أحد الشرايين. أو بطريقة غير مباشرة وذلك بقياس الضغط الذي يجب بذله على سطح الوعاء الدموي لوقف جريان الدم فيه وذلك باستخدام جهاز الضغط Sphygmotensiometre.

هدف التجربة:

تهدف التجربة إلى تسجيل مخطط الضغط الشرياني بشكل مباشر، ثم دراسة ردود الفعل الناتجة عن تنبيه العصب المجهول Vagus nerve وعصب سيون _ لودينغ Cyon—Luding، ودراسة تأثير الأدرينالين والأستيل كولين على الضغط الدموي.

الأدوات المستخدمة:

مقياس ضغط زئبقي ــ أنبوب مطاطي ــ ملاقط شرايين ــ محاقن سعة (١٠) مل و (٢) مل ــ إبر حقن ــ قثطــرة رغاميــة ــ قثطــرة شــريانية ــ ملاقــط ــ كيموغراف و ملحقاته مع جهاز تنبيه ــ حوض لتثبيت الحيوان ــ خيطان ــ قطن ــ بيكر ــ أنابيب اختبار ــ يورتيان بتركيز ٥٠% ــ أدرينالين بتركيز ١% ــ ســيترات الصوديوم بتركيز ٦% ــ هيبارين بتركيز ١%ــ أستيل كولين بتركيز ٠,١% ــ زئبق ــ محلول فيزيولوجي (تيرود) ــ أرنب.

وصف مقياس الضغط الزئبقي:

يتألف جهاز الضغط الزئبقي مــن أنبوب زجاجي على شــكل حــرف (U) مثبت على لــوح خــشبي مــزود بــسلم تدريجات (شكل ٥٥). ينتهي أحد طرفي الأنبوب الزجاجي بفرعين جانبيين (B1) و (B2). يمكن التحكم بوصلهما بالجهاز بوساطة قاطعة (صنبور) تقع على مفترق الفرعين (B1) و (B2). يستخدم الفــرع الجانبي (B2) لوصل الجهــاز بــالقثطرة الشريانية عبر أنبوب مطاطي. و يــسمح الفــرع الجــانبي (B1) بمــلء الجهــاز بمحلــول مــضاد للتخثــر (ســترات الصوديوم ٦%) كما يسمح بتفريغه مــن الهواء. ويزود الفــرع (A) مــن جهــاز الضغط بقطعة صلبة عائمة تمتد بقضيب معدني رفيع يحمل في نهايته العلوية مؤشــر التسجيل.

الشكل رقم (٥٥): مقياس الضغط الزئبقي.

طريقة العمل:

أولاً ــ تحضير الحيوان للتجربة:

أنجز خطوات العمل التالية:

١ــ تخدير الحيوان: نستخدم عادةً محلول اليوريتان Urethane بتركيز ٥٠% لتخدير الحيوان، وبمعدل ١,٥ غ/كغ من وزنه. زن الحيوان واحسب كمية اليوريتان الضرورية للتخدير، واحقنها ضمن جوفه العام، وانتظره حتى ينام. يمكن التأكد من سلامة التخدير بزوال الأفعال الانعكاسية للأطراف ومنعكس إغلاق الجفون.

٢ــ ثبت الحيوان في حوض التشريح وبطنه باتجاه الأعلى وذلك بربط أطرافه الأربعة ورأسه بشبك الحوض بشكل يسمح للرقبة بالتمدد قدر المستطاع.

٣ــ قص وبر الحيوان في منطقة الرقبة، وأجر قصاً طولياً للجلد على طول الخط المتوسط للرقبة بين عظم القص والحنجرة. وحرر الرغامى من الكتلة العضلية المحيطة بها، ثم أدخل تحتها خيطاً واصنع منه عقدة رخوة حول الرغامى.

٤- اخزع الرغامى بإجراء قص غير كامل بين حلقتين غضروفيتين يُمكننا من إدخال القثطرة الرغامية باتجاه الرئتين. ثبت القثطرة في مكانها ضمن الرغامى وذلك بشد عقدة الخيط جيداً. تسمح هذه القثطرة تحاشي عسر التنفس الذي يمكن أن ينتج عن ارتداد لسان الحيوان المخدر إلى الوراء أو ينتج عن تراكم المواد المخاطية في المجاري التنفسية العلوية. كما تسمح بإنعاش الحيوان وذلك بوصل القثطرة بجهاز تنفس اصطناعي إن دعت الحاجة إلى ذلك.

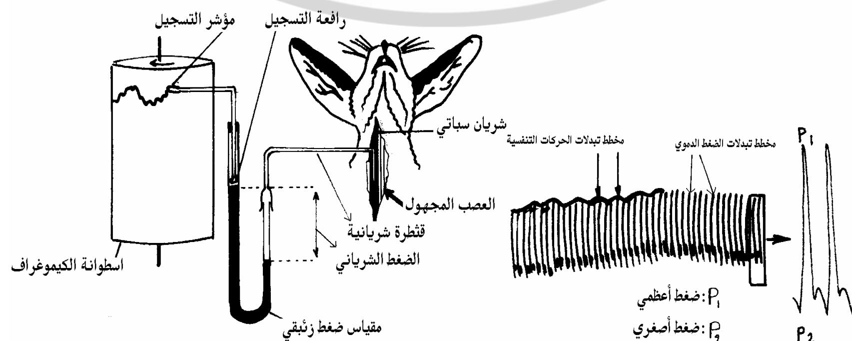
٥ــ اكشف عن الشريان السباتي وحرره من النسج الضامة المحيطة به. علماً أن هذا الشريان يمتد ضمن الكتلة العضلية موازياً للرغامى على عمق نصف سنتيمتر تقريباً. يلتصق بهذا الشريان العصب المجهول وعصب سيون ــ لودينغ والحبل الودي. افصل الشريان السباتي عن الأعصاب المرافقة بحذرٍ شديدٍ على مسافة لا تقل عن (٢) سم. اعقد بعد ذلك الشريان السباتي بخيط في أعلى نقطة ممكنة من جهة الرأس، وحضر عقدة ثانية رخوة، وضع ملقط شرياني على الشريان السباتي في أقرب نقطة ممكنة من جهة القلب. وأجر جرحاً مائلاً وغير كامل في جداره يسمح بإدخال القثطرة الشريانية باتجاه القلب. ثبت هذه القثطرة في مكانها بشد العقدة الرخوة فوقها بشكل جيد.

ثانياً ــ الجزء الأول من التجربة:

١ــ حرر العصبين المجهولين بدقة عن بقية الأعصاب المرافقة (يمكن تمييزها بقطرها الكبير)، وأدخل تحت كل منهما خيطاً، واصنع منه عقدة رخوة. واحقن الحيوان مباشرة عبر الوريد الهامشي Margenal vein للأذن بمحلول الهيبارين بمعدل (١) مل/كغ من وزن الحيوان.

٢ــ ضع في أنبوب جهاز الضغط كمية من الزئبق حتى سوية التدريجة (٠)، وضع القطعة العائمة التي تحمل مؤشر التسجيل في مكانها المناسب، ثم ارفع الضغط ضمن الجهاز إلى قيمة مساوية للضغط الشرياني عند الحيوان وذلك بحقن كمية من المحلول المضاد للتخثر (سيترات الصوديوم) عبر الأنبوب (B1) حتى يرتفع عمود الزئبق في الفرع (A) لجهاز الضغط إلى قيمة تتراوح بين(٦ــ٨) سم/زئبقي. أغلق بعدها أنبوب (B1) بشكل محكم. إن هذا الإجراء يمنع تدفق دم الحيوان ضمن جهاز الضغط. ويُفضّل أيضاً أن تكون التدريجة (٠) من السلم السنتيمتري في سوية قلب الحيوان. ويسمح هذا العمل الاحترازي استبعاد الخطأ الذي يعود إلى ارتفاع عمود السائل ضمن جهاز الضغط الذي يقع في سوية أعلى أو أخفض من مستوى القلب.

٣ــ املأ الأنبوب المطاطي بسترات الصوديوم. وتأكد من جريان الدم ضمن القثطرة الشريانية. وثبت هذه القثطرة بالوصلة الموجودة في نهاية الأنبوب المطاطي المتصل في الفرع B2 (شكل ٥٦) وهنا يجب تحاشي دخول فقاعات هواء في الأنبوب المطاطي. ارفع بعد ذلك الملقط عن الشريان السباتي، ولاحظ حركة مؤشر التسجيل.



الشكل رقم () المخطط العام لقياس الضغط الدموي المباشر ومخطط التسجيل.

٤ــ حضر الاسطوانة المهببة، وقرّب رأس المؤشر من اسطوانة الكيموغراف. شـغّل هذا الأخير بسرعة بطيئة، وسجل مخطط تبدلات الضغط الشرياني.

٥ــ سجل أسفل المخطط السابق خلال بضع ثوان تبدلات الضغط الشرياني أثناء حقن الحيوان عبر الوريد الهامشي للأذن كمية من الأدرينالين بتركيز 10^{-5} غ/ل. تابع التسجيل، وانتظر حتى يعود الضغط إلى قيمته الأصلية.

٦ــ أدخل خيطين تحت العصب المجهول وحضر عقدتين تبتعد احداهما عن الأخـرى حوالي (٢) مم. قص العصب بين العقدتين، ونبّـه الجـزء المحيطـي للعـصب المجهول المتصل مع القلب بصدمات كهربائية قوتها (٥) فولط وزمن ممارسـة (١،٤) ميلي ثانية وبمعدل (٥٠) صدمة/ ثانية، ولاحظ تبدلات الضغط الشرياني. نبّه بعد ذلك الجزء المركزي للعصب المجهول المتصل مع جزع الدماغ، ولاحظ التبدلات التي تظهر على الضغط الشرياني. فسر النتائج.

ثالثاًــ الجزء الثاني من التجربة:

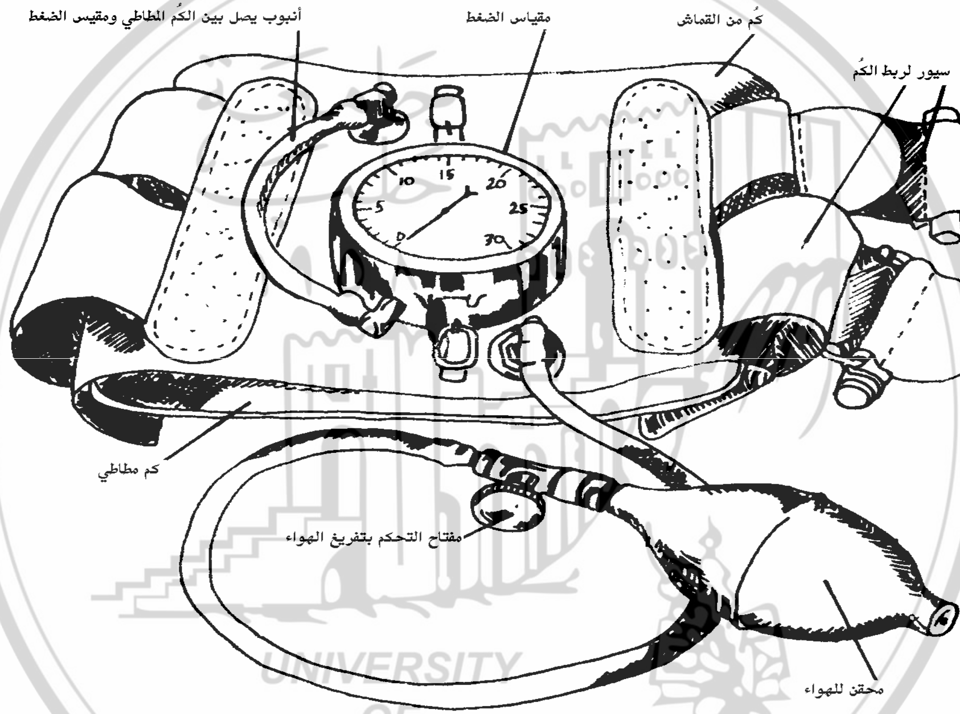
١ــ حرر عصب سيون لودينغ بحذر شديد عن الشريان السباتي والعصب المجهـول. أدخل تحت هذا العصب خيطاً واعقده بالقرب من الجزء السفلي للرقبة، ثم قـصه خلف العقدة، ونبّه جزءه المركزي. سجل النتـائج، ولاحـظ تبـدلات الـضغط الشرياني طيلة فترة التنبيه. فسر النتائج.

٢ــ اقطع العصب المجهول الثاني، ونبّه من جديد عصب سـيون لودينـغ، ولاحـظ التبدلات التي تطرأ على الضغط الشرياني. فسر النتائج.

٣ــ احقن الحيوان عن طريق الوريد الهامشي للأذن ميليلتراً واحداً من الأستيل كولين بتركيز 10^{-5} غ/ل. ولاحظ أن هذا المركب يولد في الضغط الـشرياني تـأثيراً مشابهاً لتأثير تنبيه العصب المجهول. فسر النتائج.

التجربة الخامسة
قياس الضغط الشرياني للإنسان

يمكن قياس الضغط الشرياني عند الإنسان باستخدام الطريقة غير المباشرة وذلك بقياس الضغط الذي يجب بذله على سطح الوعاء الدموي لوقف جريان الدم فيه. ويستخدم في ذلك مقياس الضغط الدموي Sphygmotensiometre (الشكل ٥٧).



الشكل رقم() نموذج لجهاز ضغط دموي.

يتألف جهاز الضغط من مقياس ضغط يتصل بكُم غير قابل للتمدد يحوي بداخله جيب مطاطي يُمكن ملؤه بالهواء أو تفريغه منه بوساطة محقنة مطاطية (إجاصة النفخ) وذلك لتأمين قيم مختلفة من الضغط الخارجي المطبق على الوعاء الدموي.فإذا كان الضغط المطبق على الشريان أعلى من قيمة الضغط الشرياني الأعظمي(الضغط الانقباضي) يتوقف جريان الدم في الشريان. وإذا خُفف الضغط الخارجي المطبق تدريجياً فإنه حالما يصبح أقل بقليل من الضغط الشرياني، فإن تيار الدم يتغلب على المقاومة المحيطية أثناء انقباض القلب، ويندفع الدم في الجزء من

الشريان الذي زال عنه الضغط جزئياً محدثاً عندئذٍ صوتاً مسموعاً نتلقاه بوساطة مسماع طبي Stethoscope. ويكون الضغط داخل الكم الذي يظهر خلاله الصوت لأول مرة داخل الشريان موافقاً للضغط الانقباضي الأعظمي. وإذا انخفض الضغط في الكم إلى مستوى أقل من قيمة الضغط الانبساطي (الضغط الشرياني الأصغري)، يبدأ الدم بالجريان داخل الشريان أثناء كل انقباض وانبساط، وتختفي الأصوات، وفي اللحظة التي يختفي فيها الصوت يكون خلالها الضغط المطبق في الكُم مساوياً للضغط الانبساطي. وقد جرت العادة على قياس الضغط في سوية الشريان العضدي Brachial artery.

تتراوح قيمة الضغط الشرياني الأعظمية في الشريان العضدي لدى الإنسان البالغ بين(١٣) سم زئبقي و(١٥) سم زئبقي. وقيمة الضغط الأصغري حوالي (٨) إلى (٩) سم زئبقي. علماً أن هذه القيمة تتعلق بالعمر والجنس والوزن والجهد العضلي الذي يبذله الإنسان. كما أن قيمة الضغط يمكن أن تتأثر بعدد من العوامل العصبية النفسية والخلطية، وتعود هذه التبدلات في قيم الضغط للمنعكسات العصبية وبصورة جزئية للأدرينالين الذي تفرزه الغدة الكظرية في الدم.

طريقة العمل:

اكشف عن العضد الأيسر، و ثبت حوله الكُم الخاص بجهاز الضغط. واستخدم المسماع الطبي في تلقي أصوات النبض التي تدل على تغيرات الضغط الشرياني. احقن بعد ذلك الهواء في الكُم حتى تتجاوز قيمة الضغط داخل الكُم /١٥/سم زئبقي تقريباً. ويفترض أن هذه القيمة تكون أكبر بقليل من قيمة الضغط الأعظمي، وعندها يتوقف جريان الدم في الشريان. خفف قيمة الضغط داخل الكم ببطء، وذلك بتفريغ الهواء المضغوط داخله بوساطة البرغي الملحق بالإجاصة ببطء حتى سماع صوت النبض بوساطة المسماع الطبي، وعند سماع أول صوت، اقرأ قيمة الضغط على الجهاز، وهذه القيمة تقابل الضغط الانقباضي الأعظمي، تابع تفريغ هواء الكُم حتى زوال الأصوات المسموعة. اقرأ قيمة الضغط المطبقة داخل الكُم في لحظة اختفاء الصوت. وهذه القيمة تدل على الضغط الانبساطي الأصغري.


جامعة
حلب
١٩٥٨
UNIVERSITY
OF
ALEPPO

الباب الثالث

الدّم

الدم Blood هو عبارة عن نسيج سائل يجري ضمن الأوعية الدموية لجهاز الدوران بفضل ضربات القلب، وهو يؤمن نقل المركبات الكيميائية (مواد غذائية ــ فيتامينات ــ أملاح معدنية ــ هرمونات ــ نواتج استقلاب ــ أوكسجين_ ثاني أكسيد الكربون) بين أعضاء الجسم من جهة، وبينها وبين الوسط المحيط من جهة أخرى، ويساهم الدم أيضاً في الدفاع عن الجسم ضد الأجسام الغريبة التي تخترق أنسجته، كما يساهم في الحفاظ على ثبات مكونات الوسط الداخلي كثبات الضغط الحلولي Osmotic pressure وثبات درجة الحموضة PH وثبات درجة حرارة الجسم عند الثدييات والطيور.

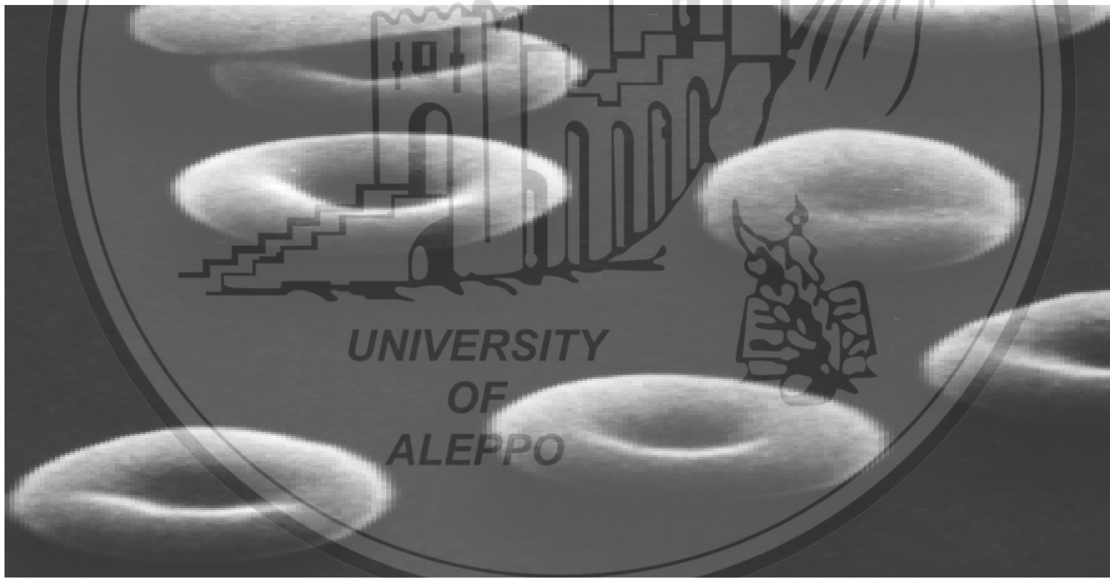
يختلف تركيب الدم باختلاف الأنواع الحيوانية. وسنتقيد هنا بالحديث عن دم الإنسان لأن معظم التجارب المتعلقة بالدم سنجريها على دم الإنسان.

تتراوح كمية الدم في الإنسان البالغ بين (٥% ــ٧%) من وزن الجسم، ويبلغ ضغطه الحلولي بحدود(٧,٥) ضغط جوي، ووزنه النوعي(١,٠٥٥) ودرجة حموضته بحدود(٧,٣٥) وهو يتألف من مصورة (بلاسما Plasma) تحتوي على عدة أنماط من العناصر الخلوية التي تتميز بفترة حياة قصيرة نسبياً، وهي تتكون باستمرار من خلايا سلفية يوجد بعضها في النقي الأحمر والنقي الأبيض للعظم وبعضها الآخر في العقد اللمفاوية وذلك حسب أنواع العناصر الخلوية للدم.

تبدو المصورة على هيئة سائل عديم اللون مائل للاصفرار، تتراوح نسبتها في دم الإنسان بين (٥٤%) و(٥٩%) من حجم الدم. يؤلف الماء حوالي ٩١% من وزنها، والنسبة الباقية تتألف من مواد عضوية وأخرى لاعضوية، ويوضح الجدول رقم (١) أهم هذه المواد وتركيز كل منها في الحالات السوية. أما العناصر الخلوية فتبلغ نسبتها بحدود(٤٦%) وسطياً عند الرجل و(٤١%) عند المرأة، ويشكل مجموعها ما يًعرف

بالرسابة الدموية أو الهيماتوكريت Hematocrite، وهي تتكون من كريات حمر وكريات بيض وصفيحات دموية.

تأخذ الكريات الحمر Erythrocytes البالغة شكل أقراص مقعرة الوجهين قطرها بحدود(٧,٥) ميكرومتر وسماكتها بحدود (١,٩) ميكرومتر (الشكل٥٨)، وهي تتميز بانعدام النوى وبغنى سيتوبلاسماها بخضاب الدم أو بالهيموغلوبين Hemoglobin. ويتراوح عددها بين (٥-٦) مليون كرية في الميليمتر المكعب الواحد من الدم. علماً أن هذا العدد يمكن أن يختلف باختلاف السن والجنس والبيئة. أما عن عمرها فلا يتجاوز (١٢٠) يوماً، وهي تتكون في النقي الأحمر للعظم. وفيما يتعلق بوظيفتها فهي تلعب دوراً حيوياً في نقل الغازات التنفسية، وتساهم أيضاً في استتباب درجة حموضة الوسط الداخلي، كما يُعتمد عليها في تحديد نوع الزمرة الدموية للإنسان من خلال البروتينات السكرية النوعية الموجودة على سطحها.



الشكل رقم (٥٨):

صورة بالمجهر الالكتروني الماسح لكريات الدم الحمر عند الإنسان.

الجدول رقم (١) : تركيز المواد العضوية واللاعضوية في بلاسما دم الإنسان.

البروتينات		**نواتج استقلاب غير آزوتية**	
الألبومين	٤٠٠٠٠-٤٦٠٠٠	حمض اللبن	٨٠-١٠٠
غلوبولين $\alpha 1$	٢٠٠٠-٣٠٠٠	حمض البيروفيك	٣-٨
غلوبولين $\alpha 2$	٤٠٠٠-٦٠٠٠	حمض الليمون	٩-١٣
غلوبولين β	٨٠٠٠-٩٠٠٠		
غلوبولين γ	١٠٠٠٠-١٢٠٠٠		
مولد الليفين	٣٠٠٠-٥٠٠٠		
المركبات العضوية الآزوتية الأخرى		**الشوارد المعدنية**	
البولة	٣٠٠-٣٥٠	Na^{+}	٣٢٦٠
حمض البول	٥٠	K^{+}	١٩٠
كرياتين	٩-١١	Ca^{++}	١٠٠
حموض أمينية	٥٠٠	Mg^{++}	٢١
نشادر	١-٢	Fe^{+++}	١
بيليروبين	٦	Zn^{++}	٣
المركبات العضوية غير الآزوتية		Cu^{++}	١
غليكوز	٨٠٠-١٢٠٠	Cl^{-}	٣٦٠٠
سكريات خماسية	عدة مليغرامات	$HCO3^{-}$	١٥٠٠
كوليسترول	١٦٠٠-٢٦٠٠	$HPO4^{--}$	١٠٠
غليسيريدات	٧٠٠-١٥٠٠	$HSO4^{--}$	٥٠
حموض دسمة	١٠٠-٢٠٠		
ليبيدات فوسفورية	١٥٠٠-٢٥٠٠		

وبما أن الكريات الحمر تتكون بمعظمها من هيموغلوبين فهناك علاقة بين عدد الكريات الحمر وبين نسبة الهيموغلوبين في الدم. حيث تبلغ النسبة المئوية للهيموغلوبين في دم الإنسان السليم بحدود (١٦%) لدى الذكور (بمعنى أن كل ١٠٠مل دم يحتوي على ١٦غ هيموغلوبين) و(١٤%) عند الإناث. كما تختلف هذه النسبة لدى سكان المناطق المرتفعة عن سكان المناطق المنخفضة.

أما الكريات البيض Leucocytes فهي خلايا متحولية ذات نوى وأشكال متعددة، يتراوح عددها بين (٦٠٠٠ـــ١٠٠٠٠)خلية في الميليمتر المكعب الواحد من الدم. وتتجلى وظيفتها الأساسية في الدفاع عن الجسم إما عن طريق بلعمة Pagocytosis الجراثيم والأجسام الغريبة أو عن طريق إفرازها الأجسام المضادة Antibodies التي

تدخل في تفاعلات مناعية Immunnity مع الأجسام الغريبة وتبطل سميتها. ويعتمد تشخيص الكثير من الأمراض عند الإنسان على تعداد الكريات البيض في الدم، وعلى تحديد النسبة المئوية لأنواع هذه الكريات، إذ يمكن بعد تلوين المحضرات النسيجية للدم تمييز نمطين من الكريات البيض هما الكريات البيض الحبيبية Granulocytes والكريات البيض عديمة الحبيبات Agranulocytes (الشكل٥٩)



الشكل رقم (٥٩): الصفيحات الدموية وأنماط الكريات البيض عند الإنسان.

تتميز الكريات البيض الحبيبية بنواتها المفصصة وبسيتوبلاسماها الغنية بالحبيبات. يتراوح قطرها بين (١٢و١٤) ميكرومتر، وهي قادرة على الانسلال من

مجرى الدم إلى الأنسجة لمهاجمة الجراثيم التي تجتاح الجسم. عمرها قصير بسبب تسممها بوساطة الجراثيم التي تلتهمها ويظهر ذلك جلياً عند حدوث الالتهاب، وهي تتكون في نقي العظم الأبيض. وتبعاً لدرجة تلون حبيباتها السيتوبلاسمية بالأصبغة المستخدمة لإظهارها يمكن التعرف على ثلاثة أنواع هي :

آ ــ الخلايا الولوعة بالمعتدل Neutrophils: وهي تقبل الأصبغة الحامضية والقاعدية على السواء، تتألف نواتها من ثلاثة إلى خمسة فصوص زرقاء ــ بنفسجية، سيتوبلاسماها غنية بحبيبات دقيقة. وتشكل حوالي(٦٥%) من مجموع الكريات البيض، تتجلى وظيفتها الأساسية في عمليات البلعمة الخلوية وإنتاج الصادات.

ب ــ الخلايا الولوعة بالحموض Acidophils(الولوعة بالأيوزين): نواتها غالباً ثنائية الفصوص، تحوي سيتوبلاسماها على حبيبات ضخمة تتلون بلون زهري بفعل الملونات الحامضية. تبلغ نسبتها بحدود (٢ــ ٥%) من مجموع الكريات البيض. وهي تساهم في إتلاف الزيفانات ذات الأصل البروتيني، ويلاحظ زيادة عددها عند الأشخاص المصابين بأخماج طفيلية، إذ أنها تهاجم يرقات هذه الطفيليات، كما يزداد عددها في حالات التحسس.

جــ ــ الخلايا الولوعة بالأسس Basophils : نواتها عادةً مفصصة زرقاء اللون، تضم سيتوبلاسماها حبيبات ضخمة تأخذ لوناً أزرق داكناً بفعل الأصبغة القاعدية. تبلغ نسبتها بحدود(٠,٥%-١%) من مجموع الكريات البيض، تحوي حبيباتها على الهيبارين Heparin والسيروتونين Serotonin والهيستامين Histamine والبراديكينين Bradykinin وبعض الأنزيمات الحالة، وتتحرر هذه المواد أو بعضها من الكريات البيض الولوعة بالأسس في الأنسجة المصابة بالالتهاب مما يحرض على ظهور بعض التفاعلات الموضعية التي تسبب الحساسية Allergy.

أما الكريات البيض عديمة الحبيبات فتتميز بنواتها غير المجزأة وسيتوبلاسماها عديمة الحبيبات، ونميز فيها نوعين من الخلايا هما الخلايا اللمفاويةLymphocyts والوحيداتMonocyts.

يتراوح قطر الكريات البيض اللمفاوية بين (٦ــ ٨) ميكرومتر. وهي تضم نواة كروية ضخمة. سيتوبلاسماها قليلة وشفافة تأخذ لوناً أزرق خفيفاً. تصل نسبتها إلى

(٢٥%) من مجموع الكريات البيض. وهي تتشكل في العقد اللمفاوية والطحال، وتلعب دوراً في تكوين مواد دفاعية ضد الأجسام الغازية، وهي بذلك تلعب دوراً أساسياً في المناعة المكتسبة.

ويتراوح قطر الوحيدات بين(١٥ و٢٠) ميكرومتر، وهي تتميز باحتوائها على نواة كلوية الشكل زهرية اللون. تحوي سيتوبلاسماها على حبيبات دقيقة للغاية. وتبلغ نسبتها بحدود (٥%) من مجموع الكريات البيض، وهي تلعب دوراً رئيساً في بلعمة الأجسام الغريبة.

وفيما يتعلق بالصفيحات الدموية Plateletes فهي أشلاء خلوية مجردة من النواة، يتراوح قطرها بين (٢ ـ٥) ميكرومتر. ويبلغ عددها حوالي(٣٠٠) ألف صفيحة في الميليمتر المكعب الواحد من الدم. وهي تساهم في عمليات تجلط الدم بفضل العوامل التي تحررها أثناء حدوث نزف دموي. كما أنها تحرر مادة الترمبوكسان Thromboxane التي تسبب انقباض الأوعية الدموية، فتقاوم بذلك استمرار النزف، وهذه المادة تكون فعّالة فقط في الأوعية الدموية الصغيرة.

ومن خواص الدم الأخرى ثبات درجة حموضته والتي تتراوح بين (٧,٣) و (٧,٤٥) في دم الإنسان. ويمكن اعتبار ثبات درجة الحموضة PH من الشروط الأساسية لضمان حياة الفرد. ولإظهار أهمية هذا العامل نذكر أن تبدل درجة PH الدم في الإنسان بمقدار يزيد على(٠,٢) درجة فقط عن قيمتها الأساسية بشكل دائم قد يؤدي إلى موت الفرد. فعلى الرغم من اختلاف المواد الغذائية التي نتناولها والتي يكون بعضها غنياً بالمركبات القلوية وبعضها الآخر غنياً بالمركبات الحامضية، وعلى الرغم من اختلاف حموضة منتجات الاستقلاب وقلويتها فإن تبدل درجة PH الوسط الداخلي يكون في الحالة الطبيعية طفيفاً للغاية أو معدوماً، ويعود الفضل في ذلك إلى وجود جملة تنظيم فعالة تقي الدم من التبدلات الكبيرة في درجة الـ PH عندما تدخله نواتج استقلاب مؤثرة على حموضته كحمض اللبن وحمض الفوسفور وغاز ثاني أكسيد الكربون. وتُعرف جملة التنظيم هذه بدارئات Buffer الدم، وهي تتألف من المركبات التالية :

حمض الكربون وبيكربونات الصوديوم وفوسفات الصوديوم الأحادية والثنائيـــة وبروتينات المصورة والهيموغلوبين وأكسيد الهيموغلوبين.

ومن الخصائص النوعية للدم أيضاً وجود الراصات Agglutinins (أو الأجسام المضادة Anticorps) في مصورة الدم ومولدات الإرتــصـاص Agglutinogens (أو مولدات الضد Antigens) على سطح الكريات الحمر والتي تحدد نوع الزمر الدمويـــة كزمر(ABO) وعامل ريزوس factor Rhesus (اختصاراً RH)، والتي يعتمـــد عليها في عمليات نقل الدم وذلك لتحاشي ارتصاص دم المعطي في دم الآخذ. فقد وجد فيما يتعلق بالزمر ABO أن دم الفرد لايحوي مطلقاً مولد ارتصاص A جنباً إلى جنب مع الراصة ألفا (α) أو مولد ارتصاص B مع الراصة بيتا (β). وتبعاً لـــذلك يمكـــن توزيع البشر في أربع زمر هي:

- الزمرة (A): تحتوي الكريات الحمر لدم الشخص الحامل لهذه الزمـــرة علـــى مولد ارتصاص A بينما تحوي مصورة دمه الراصة β.
- الزمرة (B): تشتمل الكريات الحمر لدم الشخص علـــى مولـــد ارتـــصاص B والمصورة على الراصة α.
- الزمرة (AB): يحتوي دم الشخص الحامل لهذه الزمرة مولدي الارتصاص A وB في الكريات الحمر ولا يحوي راصات في مصورة دمه.
- الزمرة (O): لا تحتوي الكريات الحمر لدم الشخص الحامل لهذه الزمرة علـــى مولدات ارتصاص، بينما تحوي مصورة دمه راصتين α و β.

يمكن أن نمثل نتائج مزج كريات حمر فرد ما من إحدى الزمر الدموية بمصل فرد آخر من زمرة دموية أخرى كما في الجدول التالي مع الدلالـــة علـــى التـــراص بإشارة (+) وإلى غيابه بإشارة (−).

مولدات الارتصاص / الراصات	O	A	B	AB
O	−	−	−	−
α	−	+	−	+
β	−	−	+	+
α β	−	+	+	+

وفيما يتعلق بعامل ريزوس RH فهو يتمتع بخصائص مولد ضد قوي، فإذا نقل دم بشري يحوي هذا العامل(RH^{+}) إلى فرد خال منه(RH^{-}) يتشكل في دم هذا الأخير راصات وحالات دم نوعية قد تسبب مضاعفات خطيرة إذا تكرر نقل دم موجب ريزوس للفرد نفسه. هذا ويتم تعيين الزمرة الدموية بمزج قطرة دم مأخوذة من الشخص المراد تعيين زمرته بمصول عيارية تحوي راصات معروفة.

التجربة الأولى
تعداد كريات الدم الحمر

هدف التجربة:

التعرف على طريقة تعداد كريات الدم الحمر، لأن تعدادها يعطي فكــرة عــن الحالة الصحية للفرد.

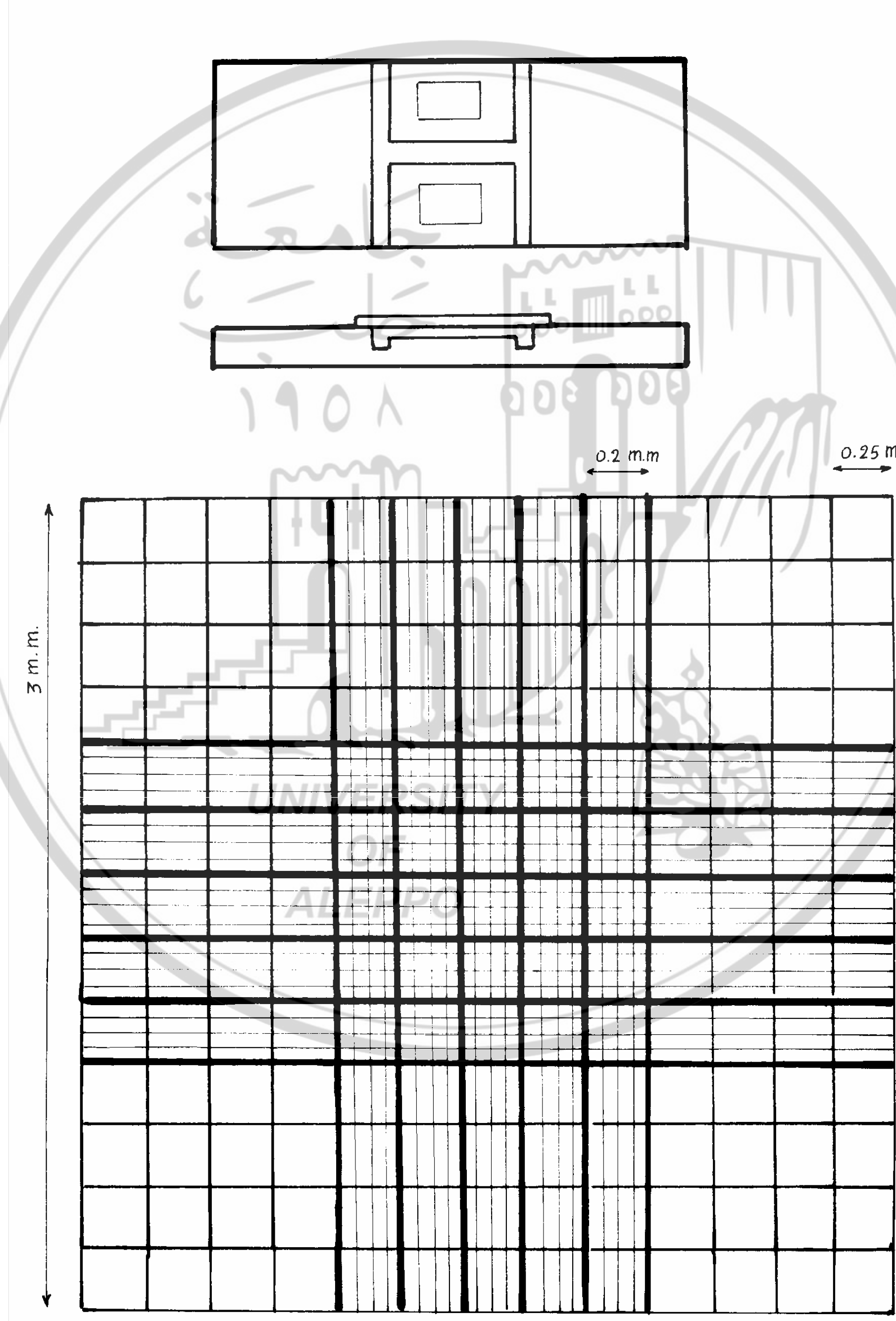
الأدوات المستخدمة:

علبة خاصة بتعداد الكريات ــ مجهر ــ كحول ــ ايتر ــ محلول هايم ــ حمض كلور الماء(١%) نظامي ــ أسيتون ــ ماء مقطر ــ قطن ــ واخزات.

تضم العلبة الخاصة بتعداد الكريات شريحة زجاجية وماصتين تستعملان لتمديد الدم، إحداهما مدرجة إلى العلامة (١٠١) وتحتوي بــصلتها علــى خــرزة حمــراء وتستخدم لعدّ كريات الدم الحمر. والثانية مدرجة إلى العلامة (١١) وتحتوي بــصلتها على خرزة بيضاء وتستخدم لعدّ كريات الدم البيض. كما تحتوي العلبة علــى أنبوبــة بلاستيكية تساعدنا في سحب المحاليل المستخدمة في تمديد الدم.

تحمل الشريحة الزجاجية الخاصة بتعداد الكريات أخــدودين عرضــيين يمتــد بينهما مــستطيلان يــنخفض ســطحهما عــن بقيــة ســطح الــشريحة الزجاجيــة بمقدار(١/١٠)مم، يضم كل منهما ساحة مخططة هي ساحة العدّ. وينفصل المستطيلان عن بعضهما بأخدود متوسط (الشكل٦٠). ويوجد عدة أنواع من العــدادات ســنــستخدم منها عداد نيوباور المحسن. وهو أكثر العدادات استعمالا. ويبدو هذا العداد على شــكل شريحة زجاجية سميكة محفورة في منطقة الشبكة بعمق(١/١٠) مم. أما شبكة التعــداد فهي مربعة الشكل طول ضلعها (٣)مم، ويُقّسم هذا المربع إلى تسعة مربعــات كبيــرة طول ضلع كل منها (١)مم، وبدوره يُقّسم كل مربع كبير من المربعات الموجودة على زوايا الشبكة إلى (١٦) مربعاً متوسطاً (شكل ٦٠) تستخدم في عدّ الكريــات البــيض. بينما ينقسم المربع الكبير الموجود في مركز الشبكة إلى (٢٥) مربعاً متوســطاً طــول ضلع كل منها (١/٥) مم، وتتمثل أضلاع هذه المربعات بثلاثة خطوط متوازية. وتبلغ

مساحة كل من هذه المربعات (١/٥×١/٥=١/٢٥مم٢)، وبما أن عمــق ســاحة العــدّ هي(١/١٠) مم فإن حجم المكان الذي يشغله كل منها (١/٢٥×١/١٠=١/٢٥٠مــم٣). وفي سوية هذه المربعات يتم تعداد كريات الدم الحمر. هذا ولسهولة العــدّ قُــسّم كــل مربع من المربعات المتوسطة التي تبلغ مساحتها (١/٢٥مم٢) بخطــوط مفــردة إلـــى (١٦) مربعاً صغيراً.



الشكل رقم(٦٠): صفيحة وشبكة تعداد كريات الدم.

طريقة العمل:

لإنجاز التجربة بشكل جيد اتبع خطوات العمل الآتية:

١ــ تأكد من نظافة الماصة وصفيحة العدّ والساترة.

٢ــ ضع شريحة العدّ على حامل الشرائح للمجهر، وتعرّف باستخدام العدسة الشيئية الصغيرة على الشبكة المخصصة لعدّ الكريات وتقسيماتها. وركز الدراسة على مركز ساحة عدّ كريات الدم الحمر، ثم غط الشريحة بالساترة بعد ترطيب طرفيها اللذين سيستندان على سطح الشريحة الزجاجية.

٣ــ عقم إصبعك بالكحول واحصل على قطرة دم عن طريق وخز الإصبع بالواخزة، ويفضل إبعاد نقطة الدم الأولى، وعندما يتجمع مكانها قطرة ثانية، ضع رأس الماصة الحاوية على خرزة حمراء في قطرة الدم بوضع أفقي، واسمح للدم بالدخول إلى سوية التدريجة (٠,٥) تماماً. وخلال هذه الخطوة يجب أن يبقى رأس الماصة ضمن قطرة الدم لتحاشي دخول فقاعات هوائية قد تؤثر سلباً على صحة النتائج. وإذا تخطت كمية الدم التي في الماصة الرقم (٠,٥) يجب عندئذٍ إخراج الزائد منه عن التدريجة (٠,٥) وذلك بملامسة رأس الماصة لظهر اليد أو باستخدام قطعة من ورق الترشيح.

٤ــ بعد ضبط كمية الدم الموجودة في الماصة على سوية التدريجة (٠,٥) تماماً، اسحب الدم قليلاً إلى الأعلى، واغمس رأس الماصة في محلول التمديد الخاص بالكريات الحمر والذي يتألف من محلول فيزيولوجي مناسب (محلول هايم)، اسحب المحلول بمساعدة الأنبوب المطاطي إلى التدريجة (١٠١) تماماً، فتحصل بذلك على دم ممدد (٢٠٠) مرة. أغلق رأس الماصة بالإبهام، وارفع الأنبوب المطاطي عنها، ثم أغلق الفتحة الثانية للماصة بالإصبع الوسطى، وخضّها جيداً لمدة دقيقتين ليتم مجانسة الدم في المحلول الفيزيولوجي بمساعدة الخرزة الموجودة داخل الماصة. وهنا يجب التذكير بانجاز عملية التمديد بسرعة حتى لا يتخثر الدم داخل الماصة لعدم وجود مانع تخثر في الماصة.

٥ــ اقذف ربع محتوى الماصة للتخلص من محلول هايم الموجود في أنبوبها الشعري والذي لم يستخدم في عملية التمديد، وحتى تضمن وصول الدم الممدد إلى ذروة

الماصة، قرّب عندئذٍ رأس الماصة بهدوء ولامسها لطرف المسند المتوسط الذي يحمل شبكة العدّ في الحد الفاصل بين الشريحة والساترة، فيدخل الدم الممدد تحت الساترة بفضل الخاصة الشعرية ليملأ الفراغ الموجود بين الشريحة والساترة والذي يبلغ عمقه ١/١٠مم.

٦ـ انتظر مدة دقيقتين لتستقر خلالها الكريات الحمر في مربعات الشبكة. وأحص بعد ذلك عدد الكريات الحمر في عشرة مربعات متوسطة التي يبلغ مساحة كل منها١/٢٥مم٢. واحسب متوسط عدد الكريات في المربع الواحد وليكن (س) كرية.

٧ـ احسب عدد الكريات الحمر في الميليمتر المكعب الواحد من الدم كما يلي: لما كان حجم المكان الذي يشغله المربع الصغير هو (١/٢٥٠مم٣) فإن عدد الكريات في الميليمتر المكعب الواحد يساوي (س×٢٥٠=٢٥٠س). ولما كان الدم قد سبق ومدد (٢٠٠) مرة، فإن عدد الكريات الحمر في الميليمتر المكعب الواحد من الدم غير الممدد هو (٢٥٠ س×٢٠٠=٥٠٠٠٠ س).

ملاحظة: لتحاشي عدّ الكرية الحمراء مرتين يجب مراعاة ما يلي:

١ـ عند وجود الكريات الحمر على الخطوط الفردية للمربعات الصغيرة، نقوم بعدّ الكريات الموجودة على الضلع الأيسر والضلع السفلي للمربع، ونهمل الكريات الموجودة على الضلعين الآخرين.

٢ـ عند وجود الكريات الحمر على محيط المربعات المتوسطة والتي يتألف محيطها من ثلاثة خطوط متوازية، نقوم بعدّ الكريات الموجودة ضمن الخطين الداخليين فقط.

٣ـ لغسل الماصات و شريحة العدّ والساترة اتبع خطوات العمل الآتية:

آـ ارم محتوى الماصة في الحوض، وأملأها ماءً مقطراً، وارم محتواها في الحوض.

ب ـ املأ الماصة بحمض كلور الماء ١% نظامي، وأعد الحمض إلى الزجاجة.

ج ــ ــ املأ الماصة مجدداً بالماء المقطر، وارم محتواها فـــي الحـــوض، ثـــم املأها بالكحول المطلق وأعده إلى الزجاجة.

د ــ املأ الماصة بالأسيتون وأعد محتواها إلى الزجاجة. وهنا يجـــب الـــضغط على الأنبوب المطاطي أثناء قذف الأسيتون بدلاً من دفعه بوســـاطة الفـــم وذلك لمنع دخول بخار الماء إلى الأنبوبة الشعرية. وتترك بعدئذٍ الماصـــة لتجف. أما تنظيف شريحة العدّ والساترة فيتم غسلهما بالماء والصابون ثـــم بالماء المقطر، ويتم تجفيفهما بقطعة نظيفة من الشاش.



التجربة الثانية
تعداد كريات الدم البيض

هدف التجربة:

التعرف على طريقة عدّ الكريات البيض.

الأدوات المستخدمة:

يستخدم في هذه التجربة الماصة الحاوية على خرزة بيضاء، والشريحة الزجاجية الخاصة بعدّ كريات الدم التي استخدمت في التجربة السابقة.

طريقة العمل:

اتّبع خطوات العمل التالية:

١ـ تأكد من نظافة الماصة وشريحة العدّ والساترة. ثم ضع شريحة العدّ على حامل الشريحة للمجهر وغطها بالساترة كما فعلت في التجربة السابقة.

٢ـ عقم الإصبع بالكحول، ثم أوخزها بالواخزة للحصول على قطرة دم، وضع ضمنها رأس الماصة الحاوية على خرزة بيضاء بوضع أفقي، واسمح للدم بالمرور في أنبوبها الشعري إلى سوية التدريجة (٠,٥) تماماً.

٣ـ اسحب الدم قليلاً إلى الأعلى واغمس رأس الماصة في محلول التخفيف الخاص بتعداد الكريات البيض (محلول تورك)، واسحب كمية من المحلول إلى سوية التدريجة (١١) تماماً، و بهذه الحالة يصبح الدم ممدداً (٢٠) مرة.

٤ـ اقذف بضع قطرات من محتوى الماصة حتى تتخلص من محلول تورك الموجود في أنبوبها الشعري والذي لم يستخدم في عملية تمديد الدم، وحتى تضمن وصول الدم الممدد إلى ذروة الماصة. قرّب بعدها رأس الماصة ولامسها لحافة المسند المتوسط بين الشريحة الزجاجية والساترة فيدخل الدم الممدد تحت الساترة بفضل الخاصة الشعرية ليملأ الحيز الموجود بين الشريحة والساترة.

٥ـ انتظر قليلاً ثم عدّ كريات الدم البيض في المربعات الأربعة الموجودة في زوايا الشبكة والتي تبلغ مساحة كل منها (١) مم {لتسهيل عملية العدّ، قُسّم كل مربع

من هذه المربعات إلى (١٦) مربعاً متوسطاً} وخذ متوسط العدد وليكن (ع). وبما أن عمق ساحة التعداد هي (١/١٠)مم فإن حجم المكان الذي يشغله كل مربع هو (١/١٠) مم٣.

٦ـ احسب عدد الكريات البيض في الميليمتر المكعب من الدم الممدد وذلك بضرب متوسط عدد الكريات بمقلوب حجم المكان الذي يشغله المربع الواحد (ع×١٠=١٠ع). ثم احسب عدد الكريات في الميليمتر المكعب الواحد من الدم الطبيعي غير الممدد وذلك بضرب الناتج السابق بمقدار التمديد: ١٠ع×٢٠=٢٠٠ع.

٧ـ اغسل الماصة وشريحة العدّ والساترة كما فعلت في التجربة السابقة .



التجربة الثالثة
تعيين صيغة الكريات
البيض في الدم

هدف التجربة :

التعرّف على أنماط الكريات البيض، وتقدير النسبة المئوية لكـل نـوع منهـا. ونعتمد في تصنيفها على المعايير التالية:

١ــ حجم الخلية: ويقدر بشكل تقريبي وذلك بمقارنة حجمها مع حجم الكريات الحمـر التي يبلغ قطرها (٧،٥) ميكرومتر تقريباً.

٢ــ شكل النواة: مجزأة أو غير مجزأة.

٣ــ كثافة وحجم الحبيبات السيتوبلاسمية ولونها.

طريقة العمل:

اتبع خطوات العمل الآتية:

١ــ نظف صفيحتين زجاجيتين بالماء والصابون ثم بالماء، وأخيراً بخليط من الكحول والايتر وجففهما.

٢ــ عقم الإصبع بالكحول، واحصل على قطرة دم بوخز الإصبع بالواخزة وضـعها على حافة إحدى الشريحتين الزجاجتين، واترك حافة الشريحة الأخـرى تلامـس الأولى بالقرب من نقطة الدم وبوضع تعمل معها زاوية تقدر بـ(٤٥) درجـة تقريباً. اسحب الشريحة الثانية بلطف بشكل ينساب معها الدم على كامـل سـطح الشريحة الأولى.

٣ــ اترك المحضر حتى يجف، وضع عليه بضع قطرات مـن الكحـول الميتيلـي، واتركه حتى يجف، ثم ضع عليه عشر قطرات من ملون جيمسا، واتركه لمـدة خمس دقائق، وبعد ذلك ضع فوقه عدة قطرات من المحلول المـوقي الموجـود أمامك بشكل يغطي كامل سطح الشريحة الزجاجية، واتركه لمدة ثـلاث دقـائق أخرى.

٤ـ اغسل الشريحة الزجاجية بالماء المقطر واتركها حتى تجـف. ضـع بعـد ذلـك الشريحة دون ساترة على لوحة الشرائح للمجهر وابحث عن الكريـات البـيض بأنواعها الخمسة وذلك باستخدام العدسة الغاطسة. ارسم أنواع هذه الكريات. ثـم احص (٢٠٠) كريّة بيضاء، وضع كل واحدة منها في صف الخلايا الذي تقـدره لها، واحسب النسبة المئوية لكل نوع.



التجربة الرابعة

التعيين الكمي للهيموغلوبين في الدم

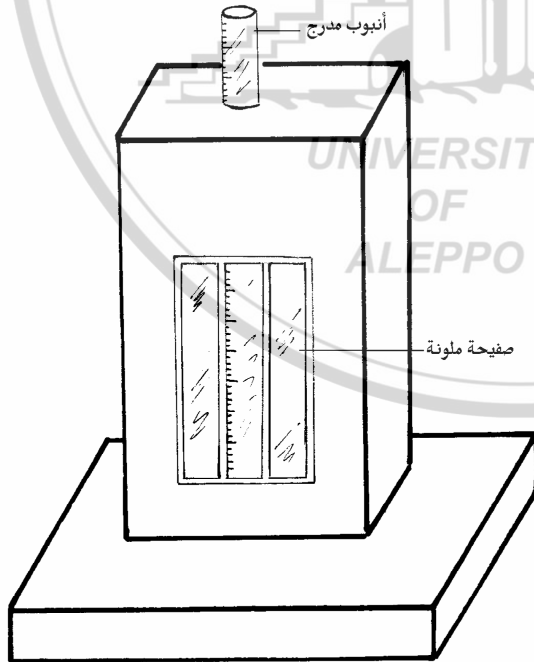
مبدأ التجربة وهدفها:

التعرف علـــى طريقـــة تقـــدير كميـــة الهيموغلـــوبين فـــي الـــدم باســـتخدام الهيمومتر Hemometre التي تعتمد على مقارنة ومطابقة لون كلور الهيمين مع لـــون صفيحة زجاجية بنية اللون صنعت خصيصاً لقياس كمية كلـــور الهيمـــين فـــي الـــدم المفحوص. علماً أن لون محلول كلور الهيمين يختلف حسب ما يحويه هـــذا المحلـــول من مادة الهيمين، وبالتالي حسب ما يحويه الدم من الهيموغلوبين الذي جرى تحويلـــه إلى كلور الهيمين.

الأدوات المستخدمة :

علبة هيمومتر ــ واخزات ــ كحول ــ حمض كلور الماء ٠,١ نظامي ــ مـــاء مقطر ــ قطن .

يتألف جهاز الهيمومتر مـــن علبة تحمل صـــفيحة بنيـــة اللـــون، وتحوي مجرى يوضع ضمنه أنبوب مدرّج (الـــشكل ٦١)، تُعبّـــر هـــذه التـــدريجات عـــن النـــسبة المئويـــة للهيموغلبين في دم الإنسان. ويلحـــق بالجهاز ماصه تحمل التدريجة (٢٠) تستخدم لأخذ الدم، وقضيب زجـــاجي لمزج الدم مع حمض كلـــور المـــاء والماء المقطر، وأنبـــوب مطـــاطي لسحب الدم.



الشكل رقم(٦١): جهاز الهيمومتر.

طريقة العمل :

اتبع خطوات العمل التالية:

١ــ ضع في الأنبوب المدرج للهيمومتر كمية من حمض كلور المــاء (٠,١) نظــامي حتى سوية أدنى تدريجة(٢%).

٢ــ عقم الإصبع بالكحول، ثم استخرج منها قطرة دم كما فعلت في التجارب الــسابقة، وضع رأس الماصة الموجودة في علبة الهيمومتر ضمن قطرة الدم واسمح للــدم بالدخول إلى سوية التدريجة (٢٠) تماماً مستعيناً بالأنبوب المطاطي مع الحذر ألا يدخل فقاعات هواء في الماصة أثناء عملية سحب الدم.

٣ــ امسح رأس الماصة من الخارج وارم محتواها داخل الأنبوب المدرج للهيمــومتر الحاوي على حمض كلور الماء، وحاول عدم ترك أي أثر للدم ضــمن الماصــة وذلك بتكرار مص حمض كلور الماء الموجود في أنبوب الهيمومتر وإعادته إلى نفس الأنبوب.

٤ – أدخل الأنبوب المدرج في المكان المخصص له في جهاز الهيمومتر وابدأ بإضافة الماء المقطر قطرة قطرة إلى المحلول الموجود في أنبوب الهيمومتر مع تحريــك محلول الدم الممدد بين الحين والآخر بوســاطة القــضيب الزجــاجي الخــاص بالجهاز. أضف كمية من الماء المقطر تكفي لجعل لــون المــزيج يماثــل لــون الصفيحة الزجاجية. وعند المقارنة بين اللونين يجب سحب القضيب الزجاجي من المحلول ونقارن اللونين، فإذا لم يتشابه اللونان تماماً، أضف قطرة أو أكثر مــن الماء المقطر حتى يتماثل اللونان. وعندها نقرأ التدريجة التي وصل إليها المزيج في الأنبوب والتي تدل على كمية الهيموغلبين في الدم مقــدرة بالغرامــات فــي (١٠٠) ميليلتر دم.

التجربة الخامسة
تقدير نسبة العناصر الخلوية في الدم

مبدأ التجربة وهدفها:



الشكل رقم (٦٢): فصل مكونات الدم بالتثفيل.

تعتمد التجربة على فصل مكونات الدم بالتثفيل، والتي تتوضع فوق بعضها وفق الكثافة النوعية للعناصر الداخلة في تركيب الدم (الشكل ٦٢)، وتهدف إلى التعّرف على طريقة العمل.

الأدوات المستخدمة :

مثلفة هيماتوكريت تدور بسرعة (١٣٠٠٠) دورة في الدقيقة ــ أنابيب شعرية خاصة بسحب الدم مطلية بمادة مانعة للتخثر ــ جهاز قارئ ــ معجون ــ كحول ــ واخزات ــ قطن.

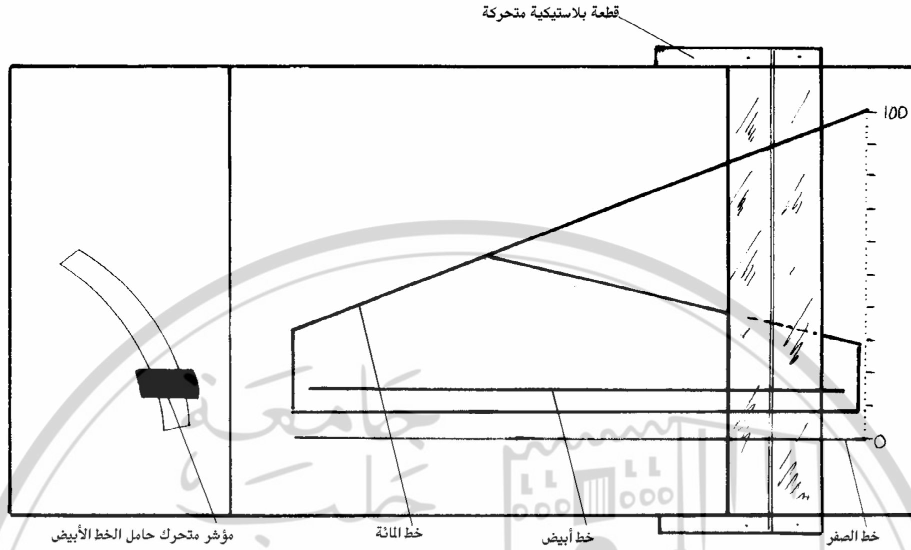
يتألف الجهاز القارئ (الشكل ٦٣) من لوحة معدنية مستطيلة الشكل مرقمة على الجانب الأيمن من (٠) إلى (١٠٠). وهي تحمل خطين هما: خط الصفر الذي يكون بوضع أفقي، وخط المئة الذي يكون مائلاً، وهما يستخدمان لحصر كمية الدم الموجود في الأنبوبة الشعرية بينهما. وتحمل اللوحة أيضاً قطعة بلاستيكية متحركة يوجد في وسطها ميزابة لوضع الأنبوبة الشعرية، ومؤشر متحرك يحمل خطاً أبيض يُستخدم لتحديد النسبة المئوية لمكونات الدم.

طريقة العمل:

اتبع في ذلك خطوات العمل التالية:

١ــ نظف الإصبع بالكحول، واحصل على قطرة دم كما فعلت في التجارب السابقة، وضع ضمنها رأس الأنبوبة الشعرية بوضع أفقي، واسمح للدم بالانسياب داخلها حتى سوية الخط الأحمر. أغلق بعد ذلك الأنبوبة الشعرية برأس الإصبع (السبابة)

واغرس طرفها الثاني في صفيحة المعجون الذي يدخل قليل منه ضمن الأنبوبة بهدف إغلاق أحد طرفيها.



الشكل رقم(٦٣): تمثيل تخطيطي للجهاز القاريء.

٢ــ ضع الأنبوبة في أحد الأماكن المخصصة لها على قرص مثقلة الهيماتوركيت بحيث يكون الطرف المسدود نحو الخارج. علماً أن المثقلة التي نستخدمها في مخبرنا تتسع لأربع وعشرين عينة.

٣ــ بعد تحضير جميع عينات الدم المراد فحصها، أغلق المثقلة وشغلها لمدة خمس دقائق. ثم أوقفها بعد ذلك، وأخرج منها الأنابيب الشعرية. ولاحظ أن الكريات الحمر التي تأخذ لوناً أحمر تتوضع في أسفل الأنبوبة الشعرية، تليها طبقة رقيقة رمادية اللون هي الكريات البيض والصفيحات الدموية. أما المصورة فهي شفافة مائلة للون الأصفر تتوضع في أعلى الأنبوبة الشعرية.

٤ــ ضع الأنبوبة الشعرية في مكانها المخصص على الجهاز القارئ وحرّك القطعة البلاستيكية الحاملة للأنبوبة حتى تضبط كمية الدم الموجودة في الأنبوبة بين خطّي الصفر والمئة. حرّك بعد ذلك المؤشر الذي يأخذ شكل مثلث واضبط الخط الأبيض للمؤشر ليصبح في سوية الحدّ الفاصل بين المصورة والعناصر الخلوية. اقرأ عندئذٍ القيمة التي يشير إليها المؤشر والتي تدل على النسبة المئوية للعناصر الخلوية في الدم.

التجربة السادسة
تعيين الزمرة الدموية

مبدأ التجربة:

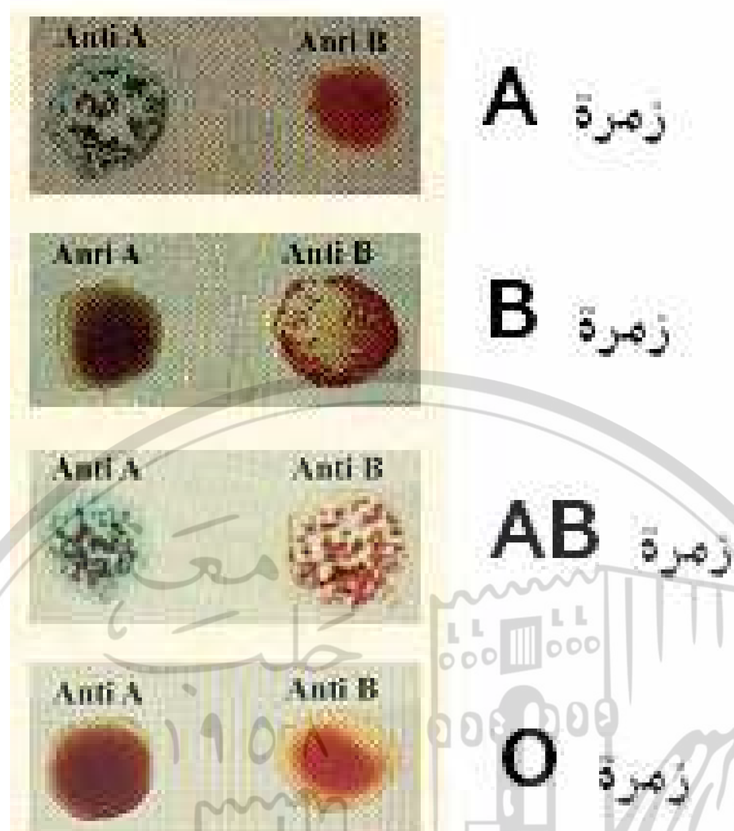
تعتمد التجربة على التفاعل المناعي بين مولــدات الإرتــصاص لكريــات دم الشخص المفحوص والرّاصات العيارية المستحضرة خصيصاً لهذه الغاية وهي: Anti A وAnti B و Anti D.

أدوات التجربة:

صفيحة بورسلان ــ واخزات ــ كحول ــ قطن ــ راصات عيارية.

طريقة العمل:

نظّف صفيحة البورسلان الخاصة بفحص الزمرة الدموية بشكل جيد، ثم عقّــم الإصبع واستخرج منها بوساطة واخزة قطرة دم ووزعها فــي ثلاثــة أمــاكن علــى حجرات الصفيحة. أضف مباشرة إلى العينة الأولى قطرة من مصل Anti A وإلــى الثانية مصل Anti B وإلى الثالثة مصل Anti D الخاص بالكــشف عــن عامــل ريزوس (RH) وراقب عملية التراص الناتجة عن التفاعل بــين الراصــة ومولــدة الإرتصاص والذي ينتج عنه حال حصوله تجمع الكريات الحمر والتصاقها بعضها مع بعض لتظهر على هيئة كتل صغيرة مرئية بالعين المجردة. فإذا حــدث تــراص مــع Anti A فقط تكون زمرة دم الفرد المفحوص هي من النمط (A). وإذا حدث تــراص معAnti B فقط يكون دم الفرد المفحوص هو من النمط (B). أما إذا حــدث التــراص مع Anti A وAnti B فتكون الزمرة من النمط (AB).وإذا لم يحدث تراص مع Anti A ولاAnti B فتكون الزمرة من النمط (O) الشكل (٦٤).



الشكل رقم (٦٤): يوضّح أنواع الزمر الدموية أثر مزج الدم بالمصول العيارية.

وإذا حدث تراص في العينة الثالثة التي أضيف إليها مصل Anti D الخاصة بعامل ريزوس يكون الدم المفحوص من النمط (موجب ريزوس RH^+). وإذا لم يحصل تراص يكون الدم من النمط (سالب ريزوس RH^-)

التجربة السابعة

تنظيم درجة حموضة الدم

يمكن تعريف القدرة الدارئة Buffer لمحلول ما بمدى استطاعته على مقاومة تغيرات درجة الحموضة إثر إضافة شوارد الهيدروجين إليه. ويعبر عنها بكمية شوارد الهيدروجين التي يجب إضافتها إلى المحلول كي تتغير درجة حموضته بمعدل درجة واحدة.

مبدأ التجربة:

قياس تبدلات درجة حموضة عينات متساوية الحجم من الماء المقطر والدم والمصورة إثر إضافة كميات متماثلة من شوارد الهيدروجين إلى كل عينة.

أدوات التجربة:

مقياس درجة حموضة ــ مثقلة ــ أنابيب تثقيل ــ أنابيب اختبار ــ بيكر ــ ماصات مدرّجة سعة واحد ميليلتر ــ محاقن وابر حقن ــ زيت بارافين ــ محلول هيبارين ــ يوريتان بتركيز (٥٠%) ــ حمض كلور الماء ١% نظامي ــ أرنب.

طريقة العمل :

اتبع خطوات العمل التالية:

١ــ تخدير الحيوان : نستخدم عادة محلول اليوريتان بتركيز (٥٠%) كمادة مخدرة للأرانب وبمعدل ١,٥غ لكل كيلوغرام من وزن الحيوان. زن الحيوان واحسب كمية اليوريتان الضرورية للتخدير، ثم حلها بالمحلول الفيزيولوجي، واحقنها ضمن جوفه العام. وانتظر حتى ينام الحيوان، ثم احقنه عن طريق الوريد الهامشي للأذن ثلاثة ميليلترات من محلول الهيبارين.

٢ــ قص وبر الحيوان في منطقة الرقبة، وأجر قصاً طولياً للجلد على طول الخط المتوسط للرقبة بين عظم القص والحنجرة. ثم اكشف عن الشريان السباتي وحرره من النسج الضامة المحيطة به. علماً أن هذا الشريان يمتد ضمن الكتلة العضلية للرقبة موازياً للرغامى على عمق نصف سنتيمتر تقريبا من السطح.

٣ـ ضع ملقطاً شريانياً على الشريان السباتي في أقرب نقطة ممكنة من القلب، واعقده بوساطة خيط في أقرب نقطة ممكنة من جهة الرأس، ثم حضّر عقدة ثانية رخـوة بين الملقط والعقدة الأولى، اخزع بعد ذلك الشريان بإجراء قص مائل غير كامـل في جدار السباتي بين عقدتي الخيطين. ويسمح هذا العمل لنـا بإدخـال قثطـرة بلاستيكية مليئة بزيت البارافين باتجاه القلب. ثبت القثطرة السباتية في مكانها بشد عقدة الخيط الرخوة بشكل جيد فوقها.

٤ـ ضع في البيكر كمية قليلة من البارافين السائل، ثم غطس الطرف الثاني للقثطـرة السباتية ضمن البارافين الموجود في البيكر، واسمح للدم بالتدفق ضمنه بعد رفـع الملقط الشرياني عن الشريان السباتي. وهنا يجب التذكير بضرورة استقبال الدم تحت سطح البارافين لتحاشي استبعاد جزيئات ثاني أوكسيد كربون الـدم نتيجـة التفاوت الكبير بين ضغطه الجزيئي في الدم (٤٠مم زئبقـي) والهـواء (٠,٢مـم زئبقي).

٥ـ احتفظ بنصف كمية الدم وهي مغطاة بالبارافين وثفل نصف الكمية الأخرى لفصل المصورة عن العناصر الخلوية للدم.

٦ـ نظف ست أنابيب اختبار بشكل جيد ورقمها من (١) إلى (٦). ضع في الأنبـوب الأول (٣) مل ماء مقطر. وفي الأنبوب الثاني (٣) مل ماء مقطر + (٠,٥) مـل حمض كلور الماء. وضع في الأنابيب الأربعة الباقية (٠,٥) مل زيت بارافين.

٧ـ ثبّت أنبوباً بلاستيكياً دقيقاً بالمحقن الذي يستخدم لسحب الدم واملأ هـذا الأنبـوب بزيت البارافين واسحب (٦) مل دم. ضع في الأنبـوب الثالـث تحـت سـطح البارافين (٣) مل دم، وفي الأنبوب الرابع (٣) مل دم + (٠,٥) مل حمض كلور الماء.

٨ـ اسحب بالطريقة السابقة نفسها (٦) مل من مصورة الدم، وضـع فـي الأنبـوب الخامس تحت البارافين (٣) مل مصورة. وفي الأنبوب السادس (٣) مل مصورة +(٠,٥) مل حمض كلور الماء.

٩ـ قس درجة حموضة محتوى كل أنبوب بوساطة مقياس PH وثبـت القيمـة فـي الجدول التالي:

العينة	درجة PH		فرق PH	القدرة الموقية
	١	٢		
ماء				
دم				
مصورة				

ثم احسب فرق درجة الحموضة في كل عينة. ولاحظ أن تبدلات PH الدم والمصورة الناتجة عن إضافة حمض كلور الماء إليها تكون طفيفة أو معدومة مقارنة بتبدلات درجة PH عينة الماء المقطّر. فسر النتائج.

١٠ـ احسب التركيز الجزيئي لحمض كلور الماء المستخدم (كمية شوارد الهيدروجين المضافة إلى كل عينة) انطلاقاً من درجة PH الماء المقطر الذي أضيف إليه (٠,٥) مل من حمض كلور الماء. وللوصول إلى ذلك يجب اعتبار:

آـ درجة حموضة الماء المقطر تساوي (٧) تقريباً، ويمكن عندئذٍ إهمال تركيز شوارد الهيدروجين الموجودة في هذه العينة مقارنة بتركيزه في العينة المماثلة التي أضيف إليها حمض كلور الماء.

ب ـ يعطى تركيز شوارد الهيدروجين في اللتر الواحد اعتماداً على المعادلة التالية:

$$PH = Log\ 1/[H] = -Log\ [H]$$

جـ ـ يبلغ تمديد حمض كلور الماء في عينة الماء المقطر (٧) مرات.

وبتطبيق المعادلة :

$$N_1V_1 = N_2\ V_2$$

حيث تمثل N1 تركيز شوارد الهيدروجين في حمض كلور الماء الممدد. و V_1 حجم كلور الماء الممدد. وN2 تركيز شوارد الهيدروجين في حمض كلور الماء المضاف إلى كل عينة. وV_2حجم كلور الماء المضاف إلى كل عينة.

ويمكن حساب التركيز الحقيقي لحمض كلور الماء الذي أضيف إلى كل عينة من المعادلة التالية:

$$N_2 = \frac{N_1V_1}{V_2}$$

الباب الرابع

التنفس

تتطلب الحياة الهوائية التي تتميز بها الأكثرية الساحقة من الحيوانات إمدادها بشكل مستمر بالأوكسجين الذي يستخدم في أكسدة المواد الغذائية لإنتاج الطاقة التي يصرفها الجسم لإنجاز أنشطته الحيوية المختلفة. وينتج عن أكسدة المركبات العضوية في خلايا الجسم غاز ثاني أكسيد الكربون، وهو مادة سامة يجب التخلص منها، ويتخلص الجسم منه بطرده للخارج. وتسمى العملية التي يتم من خلالها أخذ الكائن الحي للأوكسجين وطرده لثاني أكسيد الكربون بالتنفس Respiration.

وتعتمد عملية تبادل الغازات التنفسية بين خلايا الجسم والوسط المحيط على ظاهرة الانتشار Diffusion التي تؤمن نقل المواد المنحلة بالماء من وسط عالي التركيز إلى وسط منخفض التركيز. ويمكن أن يتم هذا التبادل في أي منطقة من سطح الجسم تكون على تماس مع الوسط الخارجي شريطة أن تكون هذه المنطقة رقيقة ورطبة وغنية بالشعيرات الدموية، لذلك نرى أن كامل سطح الجسم يشترك في تبادل الغازات التنفسية بين سيتوبلاسما الخلايا والوسط الخارجي في وحيدات الخلية ومعائيات الجوف والاسفنجيات والحلقيات والشريطيات. ولكن الغشاء الرقيق يمكن أن يتعرض للضرر، لذا نجد في الحيوانات الأكثر تطوراً والتي دُعم سطحها الخارجي بطبقة واقية غير نفوذة للماء والأوكسجين وثاني أكسيد الكربون (قواقع الرخويات، والهيكل الخارجي في مفصليات الأرجل، والجلد القاسي المغطى بالحراشف أوالأرياش أوالأشعار في الفقاريات) أن عملية التبادل الغازي الخارجية في هذه الحيوانات تعتمد على أعضاء متخصصة في الجسم هي الغلاصم بالنسبة للحيوانات المائية، والجهاز القصبي في الحشرات، والرئات في فقاريات اليابسة.

وتختلف آلية التهوية Ventilation عند الحيوانات باختلاف الأوساط التي تعيش فيها، ولذلك نكتفي هنا بالتذكير بآلية التهوية الرئوية عند الثدييات نظراً لارتباط معظم التجارب التي سنقوم بها بهذه الزمرة من الحيوانات.

يتألف جهاز التنفس في الثدييات من الأنف والبلعوم والحنجرة والرغامى والقصبات والرئتين. تتوضع الرئتان في جوف الصدر، وهو جوف مغلق لا يفتح على الوسط الخارجي، ولكن الرئتين الموجودتين بداخله تفتحان على الوسط الخارجي عبر القصبات والرغامى والحنجرة فالبلعوم الذي يتصل بالأنف والفم.

فيزيولوجياً، يتجدد هواء الرئتين بشكل دوري في كل حلقة تنفسية بفضل تقلص العضلات التنفسية الشهيقية والزفيرية بالتناوب. فتقلص العضلات الشهيقية (عضلة الحجاب الحاجز والعضلات بين الأضلاع الخارجية) يسبب توسع جوف الصدر، فيقل الضغط داخله، مما يؤدي اندفاع الهواء إلى داخل الرئتين لتعديل الضغط داخل الصدر. وهذا هو الشهيق Inspiration.

ويحدث الزفير Expiration نتيجة استرخاء العضلات الشهيقية وعودتها إلى وضعها الطبيعي أثناء الراحة، إضافة إلى تقلص العضلات بين الأضلاع الداخلية، مما يولد تضيقاً في جوف الصدر وارتفاع ضغطه الداخلي، فيطرد الهواء من الرئتين إلى الوسط الخارجي.

وفيما يتعلق بتنظيم الحركات التنفسية، فينظمها الجهاز العصبي وفقاً للاحتياجات المتغيرة للجسم من الأوكسجين. وعادة يكون التنفس لاإرادياً، على الرغم من القدرة على التحكم به إرادياً بشكل جزئي. ويتم التنظيم اللاإرادي عن طريق المركز التنفسي Respiratory centre الذي يتكون من عدة مجموعات من العصبونات التي تقع في البصلة السيسائية والحدبة الحلقية. حيث يوجد مركز للشهيق يبث أثر تنبيهه إيعازات عصبية تتجه إلى العصبونات المحركة لعضلة الحجاب الحاجز والعصبونات المحركة للعضلات بين الأضلاع الخارجية، وهي بدورها تثير فعالية العضلات المذكورة، وتحرضها على التقلص فيحدث الشهيق. ويوجد مركز للزفير يشرف على تقلص العضلات بين الأضلاع الداخلية عبر العصبونات المحركة لهذه العضلات، ويحرضها على التقلص فيحدث الزفير. تتأثر المراكز العصبية التنفسية

وتتنبه بفعل المعلومات الحسية القادمة من المستقبلات الكيميائية الموجودة في الأجسام السباتية والأجسام الأبهرية والتي تتأثر بدورها بتبدلات الضغط الجزيئي لثاني أكسيد الكربون وشوارد الهيدروجين في الدم الشرياني. كما تتأثر المراكز العصبية التنفسية بالمعلومات الحسية الميكانيكية القادمة من مستقبلات التمدد الموجودة في جدار الرئتين. كما تتأثر هذه المراكز بدرجة حرارة الوسط المحيط. هذا ويوجد تأثير متبادل بين مركزي الشهيق والزفير، مما يساهم في التناوب المنتظم بين عمليتي الشهيق والزفير.

يختلف حجم المبادلات الغازات التنفسية وشدتها في الرئتين باختلاف الأنواع الحيوانية ونمط استقلابها، ويرتبط معدلها بوزن الجسم والجنس ودرجة حرارة الوسط المحيط والجهد الذي يبذله الفرد. ويمكن قياس حجم المبادلات الغازية التنفسية وشدتها وقياس الاستهلاك الأوكسجيني وتقدير الاستقلاب عند الحيوانات بطرق متعددة منها طريقة الهواء المحصور وطريقة الهواء المتجدد أو باستخدام مقياس التنفس Spirometre عند الإنسان.



التجربة الأولى
قياس الاستهلاك الأوكسجيني عند الحشرات

يتكون جهاز التنفس عند مفصليات الأرجل البرية من شبكة من القصبات Tracheae الهوائية التي تتفرع إلى فروع أصغر فأصغر حتى تصل إلى خلايا الجسم مباشرةً. ويدخل الهواء إلى هذه القصبات عبر مجموعة ثقوب خارجية تدعى الثغور التنفسية.

مبدأ التجربة:

يعتمد مبدأ التجربة على قياس كمية الأوكسجين الذي تستهلكه الحشرة خلال فترة زمنية محددة، وذلك بوضعها في حاوية محكمة الإغلاق ومعزولة عن الهواء الجوي بواسطة أنبوب زجاجي مفرّغ، نغلقه بقطرة من الزيت. فخلال هذه الفترة يتنفس الحيوان في جو محصور، وخلال تنفسه يُجرِّد الهواء من جزيئات الأكسجين الموجودة بداخل الحاوية، ويُحرر ثاني أكسيد الكربون الذي تمتصه مادة شرهة لـ CO_2 مما يؤدي إلى انخفاض الضغط بداخل الحاوية. ولتعديل هذا الضغط تنزلق قطرة الزيت ضمن الأنبوب بشكل يتناسب مع كمية الأوكسجين المستهلكة.

هدف التجربة:

قياس كمية الأوكسجين المستهلك من قبل الحشرة خلال ساعة من الزمن، وقياس الشدة التنفسية، وقياس معدل الاستقلاب الأساسي للحشرة في درجات حرارة مختلفة.

الأدوات المستخدمة:

حوجلة زجاجية(أرلينماير) ــ سدادة بلاستيكية ــ أنبوب زجاجي ــ محم مائي ــ ميزان حرارة ــ بلورات ماءات الصوديوم ــ زيت ــ حشرة.

طريقة العمل:

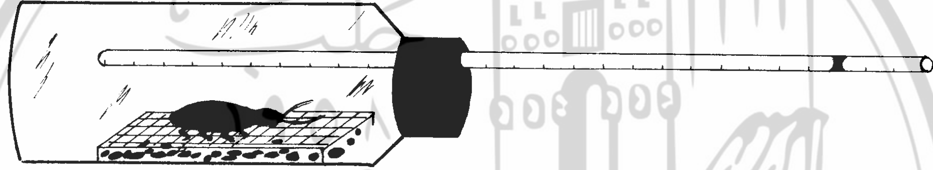
لإنجاز التجربة تابع خطوات العمل التالية:

١ــ زن الحشرة في بداية التجربة، وضعها في الأرلينماير.

٢ــ ضع عدة حبيبات من ماءات الصوديوم أو ماءات البوتاسيوم في قطعة شاش، وضعها مع الحشرة في الأرلينماير، حيث تمتص هذه المادة غاز CO_2.

٣ــ سد الأرلينماير بسدادة يخترقها أنبوب زجاجي طويل، وركزه بحيث يكون الأنبوب الزجاجي بوضعٍ أفقي. وضع في نهايته الخارجية قطرة زيت أو سائل ملون.

٤ــ استخدم أرلينماير آخر شاهد، وضع بداخله كمية مماثلة من بلورات ماءات الصوديوم بدون حشرة وذلك لامتصاص CO_2 الهواء الجوي.أغلق الأرلينماير بسدادة يخترقها أنبوب زجاجي، وضع في نهايته الخارجية قطرة زيت (الشكل٦٥). ويعتبر هذا الإجراء ضرورياً لحساب كمية CO_2 الموجود في الهواء الجوي وأخذه بعين الاعتبار عند حساب حجم الأوكسجين المستهلك.



الشكل رقم(٦٥): المخطط العام لآلية قياس التنفس في جو مغلق.

٥ــ حدد لحظة بدء التجربة، وقس المسافة التي تقطعها قطرة الزيت كل (٥) دقائق ولمدة ساعة واحدة. واحسب كمية الأوكسجين المستهلك خلال الزمن بعد قياس القطر الداخلي للأنبوب الزجاجي، وقياس حجم الأسطوانة التي انزلقت خلالها قطرة الزيت.

٦ــ وضّح النتائج برسم خط بياني يبين العلاقة بين حجم الأوكسجين المستهلك مع الزمن. واحسب حجم الأوكسجين المستهلك خلال ساعة من الزمن.

٧ــ احسب الشدة التنفسية للحيوان والتي تُعرّف بكمية الأوكسجين المستهلك من قبل غرام واحد من جسم الحشرة في ساعة واحدة.

٨ــ احسب كمية الأوكسجين المستهلك خلال (٢٤) ساعة ضمن شروط التجربة نفسها. وبالإعتماد عليها، احسب الطاقة المستهلكة خلال يوم واحد، وذلك بافتراض أن استهلاك ليتر واحد من الأوكسجين يساهم أثناء أكسدته المواد الغذائية في خلايا الجسم يحرر طاقة تقدر بـــ (٤،٨٢٥) حرة.

٩ــ أعد التجربة في درجة حرارة (٤٠°) م.فسّر النتائج.

التجربة الثانية
قياس الاستهلاك الأوكسجيني عند الهامستر

هدف التجربة:

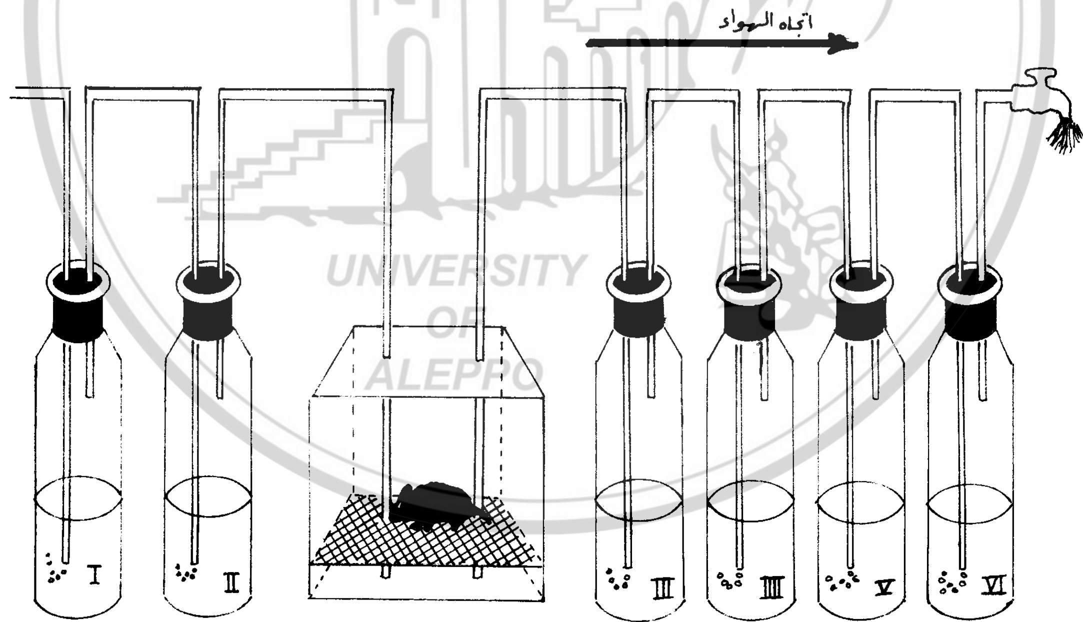
التعرف على طريقة قياس الاستهلاك الأوكسجيني بطريقة الهواء المتجدد، وقياس الشدة التنفسية للهامستر.

الأدوات المستخدمة:

مجموعة قوارير ــ وعاء زجاجي للحيوان ــ أنابيب بلاستيكية ــ مضخة هوائية ــ ماءات البوتاسيوم ــ حمض الكبريت الكثيف ــ هامستر.

طريقة العمل :

١ــ رتب مجموعة من القوارير المتصلة مع بعضها، ومع قفص الحيوان الزجاجي كما هو موضح في الشكل (٦٦) وضع في:



الشكل رقم(٦٦): مخطط تجربة قياس الاستهلاك الأوكسجيني بطريقة الهواء المتجدد.

- القارورة رقم (١) محلول ماءات بوتاسيوم التي تفيد بإزالة غاز ثاني أكسيد الكربون الموجود في الهواء الجوي.

- القارورة رقم(٢) حمض الكبريت لامتصاص بخار الماء الموجود في الهـواء الجوي.
- القارورتين(٣) و (٤) حمض الكبريت لامتصاص بخار الماء المطـروح مـع هواء الزفير للحيوان.
- القارورة (٥) ماءات البوتاسيوم لامتصاص CO2 الذي يزفره الحيوان.
- القارورة (٦) حمض الكبريت لامتصاص الماء القادم من القارورة رقم (٥).

يُمكننا هذا الترتيب من إزالة بخار الماء وغاز ثاني أكسيد الكربون من الهـواء الجوي قبل وصوله إلى حيوان التجربة، كما يُمكننا من قياس كمية CO_2 وكمية بخـار الماء التي يطرحها الحيوان خلال مدة إنجاز التجربة.

٢ــ زن القوارير التي تحمل الأرقام (٣ــ٤ــ٥ــ٦) بدقة قبل بدء التجربـة. ثـم زن الحيوان، وضعه في قفصه الزجاجي، وأغلق عليـه بإحكـام. واربـط القفـص الزجاجي لحيوان التجربة والقوارير بعضها مع بعض بالوصلات البلاستيكية كما في الشكل (٦٤).

٣ــ افتح صنبور الماء ليعمل على سحب الهواء وتجديده باستمرار فـي المجموعـة. وتأكد من عدم وجود أي تسرب للهواء في الوصلات المتتالية، ويستدل على ذلك باستمرار تشكل الفقاعات الهوائية في جميع القوارير. هذا ويُمكن التحكم بـسرعة جريان الهواء في المجموعة بالتحكم بغزارة تدفق ماء الصنبور.

٤ــ حدد زمن بدء التجربة، واترك الحيوان يتنفس ضمن هذه الشروط لمدة سـاعتين، ثم زن الحيوان والقوارير(٣ــ٤ــ٥ــ٦) في نهاية التجربة. واحسب فـرق وزن كل منها. وحدد من خلالها كمية (CO_2) وكمية بخار الماء التي طرحها الحيـوان خلال زمن التجربة.

٥ــ احسب كتلة الأوكسجين الذي استهلكه الحيوان، وذلك بحساب فرق الـوزن بـين مجموع كتلة (CO_2+H_2O) وفـرق وزن الحيـوان، بـافتراض أن فـرق وزن الحيوان ينتج عن فقدانه شوارد الهيدروجين والكربون.

٦ــ احسب كتلة الأوكسجين الذي استهلكه كيلوغرام واحد من الحيوان خـــلال ســـاعة والذي يعطى بالمعادلة التالية:

$$٢٢،٤ \times \frac{\text{كتلة الأكسجين}}{١٦} \times \frac{٢٧٣ + \text{درجة حرارة المخبر}}{٢٧٣}$$



التجربة الثالثة
قياس الاستهلاك الأوكسجيني عند الإنسان

يمكن قياس حجم مبادلات الغازات التنفسية وشدتها عند الإنسان بوساطة مقياس التنفس Spirometre الذي يُمكننا من قياس:

١ــ حجم هواء التنفس الجاري أو الحجم المــدّي Tidal volume: أي قيــاس حجــم الهواء الذي يدخل الرئتين ويخرج منهما في شهيق وزفير عاديين أثناء الراحة.

٢ــ حجم الشهيق الاحتياطي Inspiratory reserve volume: أي حجم الهواء الــذي يستطيع الإنسان استنشاقه في شهيق قسري إضافةً إلى كمية الهواء المستنشق في شهيق عادي.

٣ــ حجم الزفير الاحتياطي Expiratory reserve volume: وهو حجم الهواء الــذي يمكن إخراجه من الرئتين بزفير قسري مسبوق بشهيق وزفير عاديين.

٤ــ السعة الحيوية Capacity vitale للرئتين: وهي أقصى كمية هواء يمكن إخراجها من الرئتين بزفير قسري مسبوق بشهيق قسري. أي أنها تساوي مجموع الحجــم المدّي وحجم الشهيق القسري والزفير القسري.

٥ــ الشدّة التنفسية: وهي كمية الأوكسجين المستهلك أو كمية CO_2 المطروح من قبل كيلوغرام واحد من وزن الجسم خلال ساعة واحدة من الزمن.

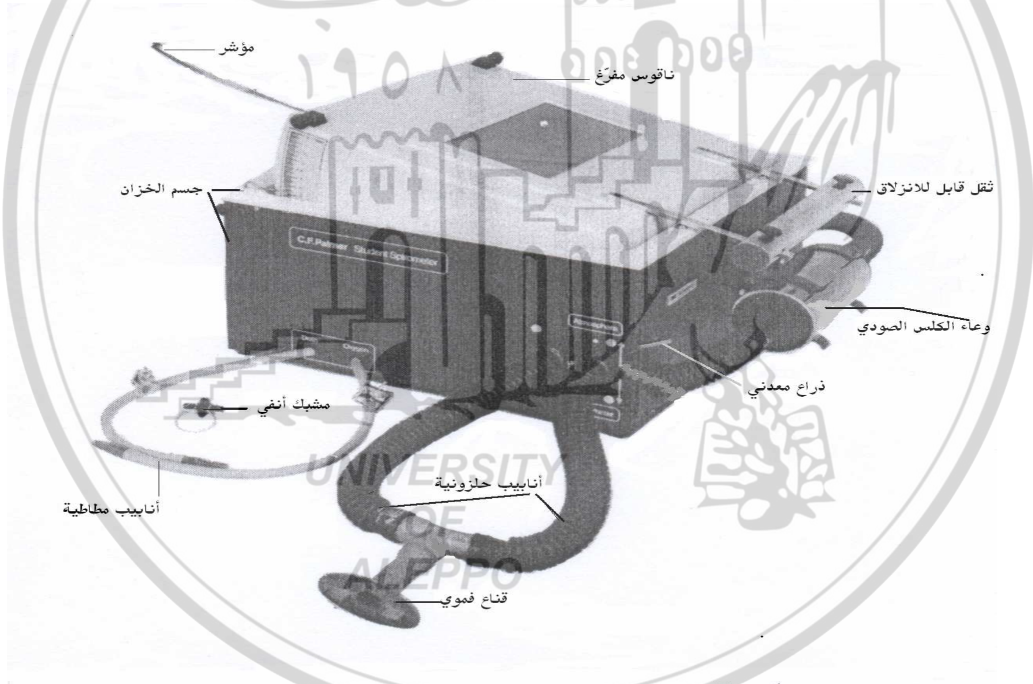
نشير أيضاً إلى أنه مهما بلغ عمق الزفير القسري فإنه لا يمكن إخــراج كامــل هواء الرئتين، إذ يبقى ضمن الرئتين والمجاري التنفسية كمية من الهواء تدعى بالحجم الباقي Residual volum ويحتاج قياسها إلى طرق خاصة.

الأدوات المستخدمة:

مقياس التنفس ــ اسطوانة أوكسجين ــ كيموغراف ــ ميزان أرضي ــ قطــن ــ كحول.

يتألف جهاز التنفس (شكل ٦٧) من خزان ماء وناقوس علــى شــكل كتلــة مفرغة عائمة فوق سطح الماء ومدرجة. تستقر الكتلة العائمة في خزان الماء بوساطة

نتوءين يدخلان في مكانهما المخصص من جسم الخزان. وتمتد الكتلة العائمة خارجاً بذراعين معدنيين يحملان ثقلاً قابلاً للانزلاق يؤمن التوازن الحركي للكتلة العائمة. ويثبت على الطرف الآخر للكتلة العائمة مؤشر تسجيل ينتهي بخزان حبر. ويضم الجهاز صمامين. يتصل الصمام الخارجي مع القناع الفموي عن طريق الأنابيب الحلزونية والقطعة المتفرعة على شكل حرف (T). بينما يحوي الصمام الداخلي على فتحتين، تتصل إحداهما مع خزان الجهاز، وتتصل الأخرى مع وعاء الكلس الصودي الذي يملأ بحبيبات ماءات البوتاسيوم لامتصاص غاز (CO2) من هواء الزفير. هذا ويرتبط الصمام الداخلي بذراع معدني قابل للحركة يسمح للإنسان أثناء التجربة بتنفس الأوكسجين الموجود في الجهاز عندما يكون الذراع باتجاه الأسفل، وعند تحريك الذراع باتجاه الأعلى يصبح الإنسان المفحوص على اتصال مع الهواء الخارجي.



الشكل رقم(٦٧): مقياس التنفس.

يحتوي خزان الماء أيضاً على وصلات بلاستيكية، تُستخدم إحداها لملء الكتلة العائمة بالأوكسجين، وتستخدم الثانية لتفريغ محتوى الخزان من الماء. ويضم الخزان كذلك ميزان حرارة لتحديد درجة حرارة الغاز أثناء التجربة. كما تحوي القطعة التي تأخذ شكل حرف (T) صمامين يتحكمان بمرور هواء الشهيق والزفير باتجاه واحد، ويمنعان رجوع الهواء بالاتجاه المعاكس.

طريقة العمل:

اتّبع خطوات العمل التالية:

١ـ زود الخزان بالماء حتى سوية الإشارة المبينة على جداره الداخلي. ثم ضع الكتلة العائمة في مكانها المناسب، وثبت عليها مؤشر التسجيل عندما يكون ذراع الصمام على وضعية Spirometre، ثم وازنها بفضل الثقل المحمول على ذراعيها بشكل يضمن تواجد خمسة لترات من الهواء ضمن الخزان، و قرّب رأس المؤشر ولامسه لاسطوانة الكيموغراف.

٢ـ تأكد من عدم وجود أي تسرب للهواء من الجهاز قبل بدء التجربة وذلك بإتباع ما يلي: حرك ذراع الصمام باتجاه الأعلى على وضعية Atmosphere لإغلاق الجهاز، وضع عندئذٍ كتلة وزنها (٢٠٠) غ فوق الصفيحة العائمة واتركها لمدة (٥) دقائق. ولاحظ خلال هذا الزمن وضع المؤشر على اسطوانة الكيموغراف. فإذا ارتسم خط شاقولي على الاسطوانة نتيجة انخفاض الكتلة العائمة نحو الأسفل تحت تأثير الثقل، فهذا يعني وجود تسرب للهواء، وبالتالي يكون الجهاز غير صالح للعمل. أما إذا بقي رأس المؤشر ثابتاً يدل ذلك على صلاحية الجهاز للعمل. ويمكن حينئذٍ بدء التجربة. ارفع الثقل من أعلى الكتلة العائمة، وحرك الذراع إلى الأسفل، واخفض الكتلة العائمة ببطء نحو الأسفل لطرح الهواء الموجود ضمنها.

٣ـ حرك الذراع من جديد نحو الأعلى ليصبح الصمام على اتصال مع الوسط الخارجي وزود الجهاز بالأوكسجين.

٤ـ تأكد من ملامسة رأس المؤشر لاسطوانة الكيموغراف، وحدد سرعة هذا الأخير بـ(١) مم/ثا.

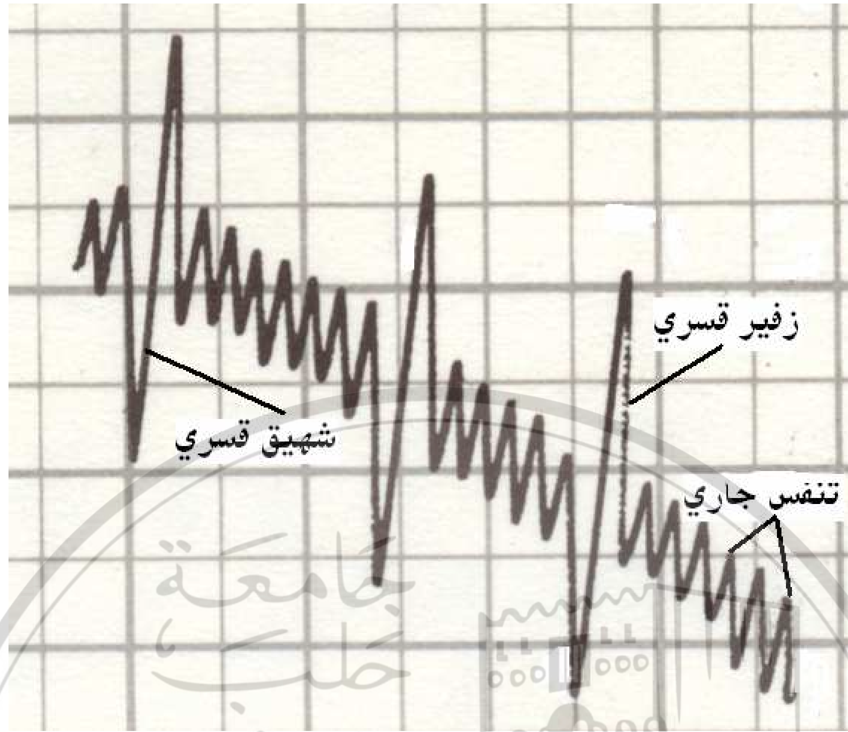
٥ـ نضع القناع الفموي على فم الشخص المراد فحصه (شكل ٦٨) ، ونطلب منه إيقاف التنفس عن طريق الأنف وذلك بوضع مشبك خاص على أنفه، ونطلب منه أن يتنفس بشكل طبيعي عن طريق الفم عبر الأنبوب الذي يكون في هذه المرحلة على اتصال مع الوسط الخارجي.



الشكل رقم(٦٨): تخطيط يوضح طريقة تسجيل الحركات التنفسية عند الإنسان.

٦ــ نشغل الكيموغراف، و نبدأ الاختبار بالطلب من الشخص المفحوص إعادة ذراع الصمام إلى الأسفل مع بداية عملية الشهيق، ليتمكن الشخص المفحوص من استنشاق الأوكسجين من الجهاز. نترك الإنسان يتنفس بهذا الشكل لمدة ثلاث دقائق، ونسجل خلال جزء من هذه الفترة الحركات التنفسية، ونطلب منه أثناء الاختبار إجراء شهيق قسري في نهاية الزفير العادي وزفير قسري في نهاية شهيق عادي (الشكل٦٩). كما نطلب منه في نهاية فترة الاختبار، تحريك ذراع الصمام باتجاه الأعلى ليصبح من جديد على اتصال مع الوسط الخارجي وذلك في نهاية زفير عادي. انزع بعد ذلك المشبك الأنفي والقناع الفموي.

٧ــ ارفع ورقة التسجيل، وسجل عليها حجم الأوكسجين المستهلك خلال فترة الاختبار وزمن الاختبار ودرجة حرارة الغاز ووزن الجسم وعمر الشخص المفحوص وجنسه وقيمة ضغطه الدموي. وسجل أيضاً طول الفترة الزمنية التي تفصل بين بداية الاختبار وآخر وجبة غذائية تناولها.



الشكل رقم(٦٩): مخطط الحركات التنفسية عند الإنسان.

والمطلوب:

١ــ قياس حجم هواء الشهيق والزفير الطبيعيين.

٢ــ قياس حجم هواء الشهيق القسري، وحجم هواء الزفير القسري.

٣ــ قياس السعة الحيوية للرئتين.

٤ــ قياس حجم الأوكسجين المستهلك خلال ثلاث دقائق في وضع الراحة. وبالاعتماد عليها يمكن تقدير كمية الأوكسجين الذي يمكن أن يستهلكه الفرد خلال ساعة واحدة من الزمن في شروط التجربة نفسها. كما يمكن تقدير كمية الأوكسجين الممكن استهلاكه في (٢٤) ساعة.

٥ــ حساب الشدة التنفسية.

٦ــ تقدير المصروف اليومي من الطاقة للشخص المفحوص في شروط التجربة نفسها بالاعتماد على كمية الأوكسجين المفترض استهلاكه في (٢٤) ساعة. وذلك بافتراض أن استهلاك ليتر واحد من الأوكسجين يساهم أثناء أكسدته المواد الغذائية في خلايا الجسم يحرر طاقة تقدر بـ (٤،٨٢٥) حرة.

٧ــ أعد التجربة على الإنسان نفسه بعد قيامه بجهد عضلي. قارن النتائج وفسّرها .

التجربة الرابعة

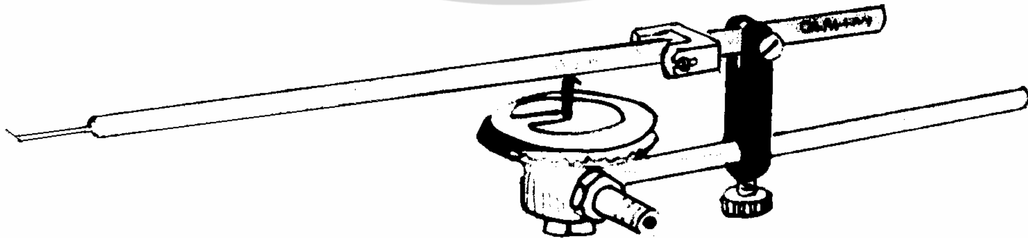
التهوية الرئوية عند الأرنب

هدف التجربة :

تهدف التجربة إلى تسجيل الإيقاعات التنفسية العادية عند حيوان نائم، ودراسة تأثير زيادة (CO_2) في الهواء المستنشق على الإيقاعات التنفسية، ودراسة تأثير انخفاض درجة حموضة الدم على هذه الإيقاعات، ثم إيضاح دور العصبين المجهولين في عمليات التهوية، ودراسة العلاقة بين المراكز العصبية المنظمة لحرارة الجسم وبين المراكز العصبية التنفسية، وأثر ذلك على التهوية الرئوية.

الأدوات المستخدمة:

- قثطرة رغامية: وهي عبارة عن أنبوب زجاجي مفرغ يتناسب قطره مع قطر رغامى الحيوان.
- قثطرة بلعومية: وهي عبارة عن خرطوم بلاستيكي شفاف يتناسب قطره مع القطر الداخلي للبلعوم.
- خرطوم مطاطي: طوله بحدود(٣٠) سم يتناسب قطره مع قطر القثطرة الرغامية.
- إطار معدني: يمكن تغطيته بإحكام بغشاء مطاطي مرن(شكل ٧٠) ويزود هذا الإطار برافعة تسجيل خاصة تدور حول محور أفقي، وتنتهي بمؤشر تسجيل، كما يزود بقضيب معدني يستخدم لتثبيته على أحد ذراعي الكيموغراف وبمأخذ يستعمل لوصل الإطار بقثطرة البلعوم.



الشكل رقم(٧٠): إطار معدني مع الرافعة ومؤشر التسجيل.

- ــ كيموغراف وملحقاته مع جهاز تنبيه، ومساري تنبيه، وأسلاك وصل كهربائية.
- ــ حوض لتثبت الحيوان.
- ــ ملاقط شرايين ــ محاقن وابر حقن ــ حمض كلور الماء١% نظامي ــ محلول فيزيولوجي (تيرود) بدرجة حرارة(٣٨ °م) و آخر بدرجة حرارة(٤٠ °م) ــ مواد تخدير ــ أرنب.

طريقة العمل:

أولاــ تحضير الحيوان للتجربة.

١ــ **التخدير**: نستخدم عادة محلول اليوريتان Uretahane بتركيز (٥٠%) كمادة مخدرة للأرنب، وبمعدل(١,٥) غ/كغ من وزن الحيوان. زن الحيوان واحسب كمية اليوريتان الضرورية للتخدير واحقنها ضمن الجوف العام (البيرتوان). انتظر حتى ينام الحيوان. يمكن التأكد من سلامة التخدير بزوال الأفعال الانعكاسية الناتجة عن قرص قدم الحيوان أو زوال الفعل الانعكاسي الخاص بإغلاق الجفون.

٢ــ **خزع الرغامى وتثبيت القثطرة الرغامية**: ثبت الحيوان المخدر في حوض التثبيت وبطنه نحو الأعلى وذلك بربط أطرافه الأربعة وأسنانه العلوية بشبك الحوض، ثم قص وبر الحيوان في المنطقة البطنية للرقبة، وقص الجلد طولياً في المنطقة الممتدة بين الحنجرة وقمة عظم القص، ثم اكشف عن الرغامى بعد تخليصها من العضلات المحيطة بها. ادخل خيطاً تحت الرغامى واصنع منه عقدة رخوة، واخزع بعد ذلك الرغامى بإجراء قص غير كامل بين حلقتين غضروفيتين بشكل يسمح بإدخال القثطرة ضمنها باتجاه الرئتين. ثبت القثطرة في مكانها بشد عقدة الخيط فوقها بقوة. الغاية من هذه القثطرة هي السماح للحيوان المخدر بالتنفس عبرها بسهولة، ولتحاشي انغلاق المجاري التنفسية العليا لدى الحيوان المخدر نتيجة ارتداد اللسان إلى الخلف أو نتيجة تراكم اللعاب في هذه المجاري.

٣ــ **البحث عن الشريان السباتي والعصب المجهــول:** يمتــد العــصبان المجهــولان والشريانان السباتيان بين العضلات الطولية المحيطة بالبلعوم والرغــامى علــى جانبي الرغامى وأسفلها. اكشف عنهما وخلصهما من النسيج الضام المحيط بهما، ثم افصل العصب عن الشريان السباتي وأحط كل منهما بخيط، واصــنع منهمــا عقدة رخوة.

٤ــ **تثبيت القثطرة البلعومية:** أدخل أحد طرفي القثطرة البلعومية بالإطار المعــدني، وأدخل طرفها الثاني في فم الحيوان ومنه إلى البلعوم بعــد ســحب لــسانه إلــى الخارج بوساطة ملقط، تابع دفع القثطرة في البلعوم حتى تشاهد حركات مناســبة السعة لمؤشر التسجيل المستند على الإطار المعدني.

ثانياًــ التجربة:

١ــ تسجيل إيقاعات التهوية الرئوية العادية: حضر اسطوانة مهببة وثبتها في مكانهــا المناسب على جهاز الكيموغراف. قرّب رأس المؤشر ولامسه بالاسطوانة. شغل بعد ذلك الكيموغراف وسجل مخططات الحركات التنفسية العادية، ولاحظ أنهــا تتألف من حركات جيبية منتظمة (الشكل ٧١).



الشكل رقم (٧١): مخطط الإيقاعات التنفسية العادية.

يمكن تفسير هذه الحركات على النحو التالي: إن تبدلات الضغط الداخلي لجوف الصدر والناتجة عن الحركات التنفسية الشهيقية والزفيرية تؤدي إلى تبدلات مــشابهة في الضغط داخل البلعوم، وتنتقل هذه التغيرات عبر القثطرة البلعومية إلــى الإطــار المعدني وتسبب في غشائها المطاطي ومؤشر التسجيل المحمول عليها حركات تتوافق وتغيرات الضغط داخل البلعوم وجوف الصدر. فأثناء الشهيق يهــبط الــضغط داخــل جوف الصدر، وينتقل هذا التبدل في الضغط إلى جدار البلعوم المار في جوف الصدر،

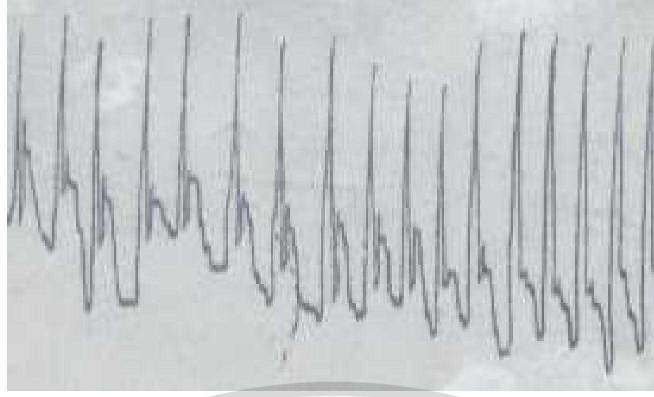
ويحصل على أثر ذلك هبوط في الضغط داخل البلعوم وداخل القثطرة والإطار المعدني، يتولد عنه انسحاب غشاء الإطار المطاطي إلى الداخل، ويسحب معه الرافعة ومؤشر التسجيل المستندين عليه. ويُترجم هذا التبدل على مخطط التسجيل بالجزء الهابط من منحنى كل حلقة من حلقات الحركة الجيبية. ويحدث العكس أثناء الزفير، ويتمثل ذلك بالجزء الصاعد من منحنى كل حلقة من حلقات الحركة الجيبية.

٢ـ تأثير زيادة (CO_2) في الهواء المستنشق: اربط خرطوم مطاطي بالقثطرة الرغامية لزيادة حجم الهواء الباقي الذي لا يساهم في التهوية الرئوية، فتضعف على أثر ذلك المبادلات الغازية في سوية الأسناخ الرئوية ، مما يؤدي إلى زيادة تركيز (CO_2) في الدم، وهذا بدوره ينبه المراكز العصبية التنفسية ويحرضها على زيادة الإيعازات التي ترسلها إلى العضلات التنفسية لتحثها على مضاعفة فعاليتها بغية تخليص الحيوان من(CO_2)، ويستجيب الحيوان لهذه الإيعازات بزيادة تواتر إيقاعاته التنفسية. سجل هذه النتيجة على اسطوانة الكيموغراف(الشكل ٧٢).



الشكل رقم(٧٢): مخطط الإيقاعات التنفسية بفعل زيادة CO_2 الدم.

٣ـ تأثير انخفاض درجة حموضة الدم: يؤدي زيادة تركيز شوارد الهيدروجين في الدم والسائل الدماغي الشوكي إلى تنبيه المراكز العصبية التنفسية، وتحرضها على زيادة إيعازاتها العصبية الهادفة إلى رفع تواتر وسعة الإيقاعات التنفسية(الشكل ٧٣). ولدراسة ذلك تجريبياً، شغل الكيموغراف، واحقن الحيوان عبر الوريد الهامشي للأذن حوالي (٣) مل حمض كلور الماء (١%) نظامي، ولاحظ التبدلات التي تطرأ على الحركات التنفسية.



الشكل رقم(٧٣): مخطط الإيقاعات التنفسية بفعل زيادة PH الدم.

٤ــ إيضاح العلاقة بين المراكز العصبية للوطاء والمراكز العصبية التنفسية الموجودة في جذع الدماغ: احقن الحيوان عن طريق الشريان السباتي (٣) مل تيرود ساخن، والذي يصعد مع تيار الدم إلى الدماغ، وينبه مركز الحرارة في الوطاء، ويحثه على إرسال سيالات عصبية باتجاه المراكز التنفسية، ليحرضها على زيادة إيعازاتها الموجهة لرفع الفعالية التنفسية .

٥ــ تأثير قطع وتنبيه العصب المجهول: تابع تسجيل مخطط التنفس الطبيعي، واقطع العصبين المجهولين، ولاحظ التبدلات التي تطرأ على الإيقاعات التنفسية. نبّه الجزء المركزي لأحد العصبين بصدمات كهربائية، ولاحظ التغيرات التي تظهر على الحركات التنفسية. فسر النتائج.

الباب الخامس

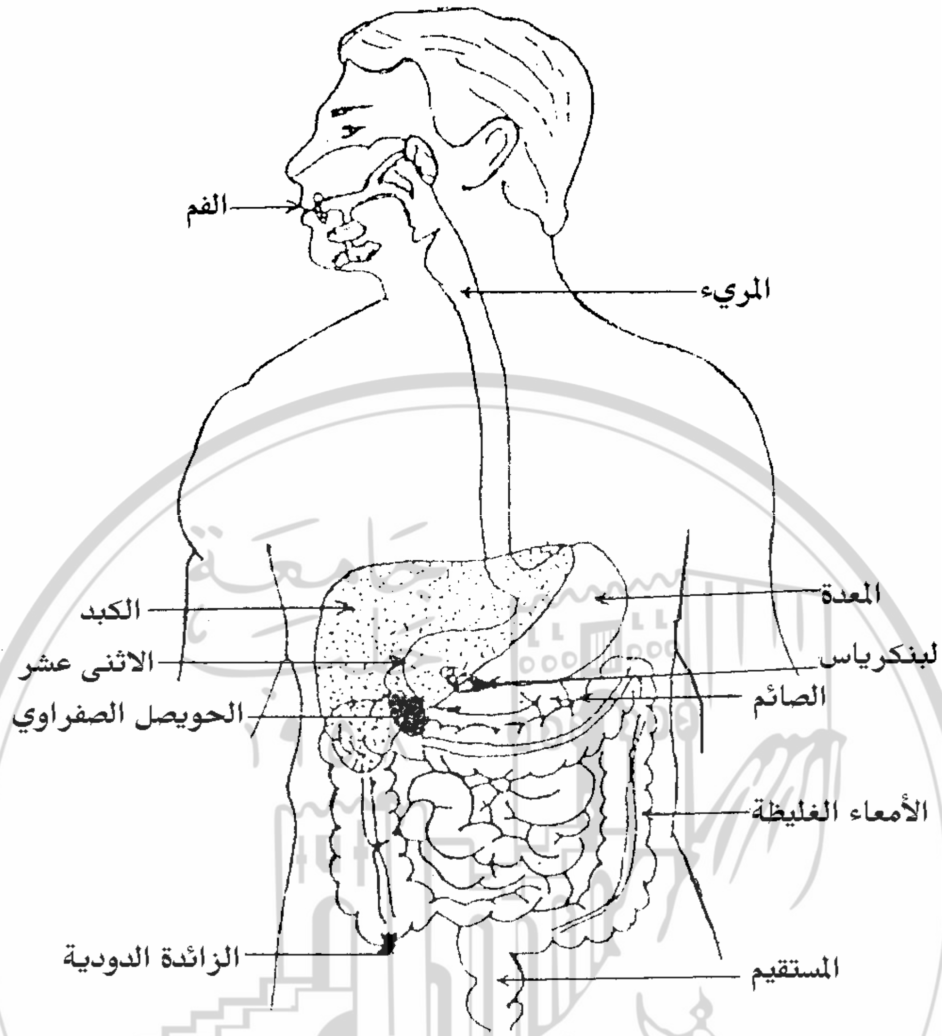
الهضـم

يحتاج كل كائن حي إلى إمداد مستمر من المواد الغذائية طيلـــة فتـــرة حياتـــه، يأخذها من الوسط المحيط به ليستخدم بعضها في إنتاج الطاقة التـــي يحتاجهـــا الفـــرد لإنجاز أنشطته الحيوية المختلفة، ويستخدم بعضها الآخر في عمليات البنـــاء والنمـــو والتكاثر وصيانة الأنسجة وتنظيم ثوابت الوسط الداخلي للجسم الحي.

ويتضمن الغذاء الذي يحتاجه الإنسان والحيوان الماء والأمـــلاح والـــسكريات والبروتينات والدهون والفيتامينات. ولكن الفرد لا يستفيد من المـــواد الغذائيـــة إلا إذا وصلت إلى داخل خلايا الجسم بعد أن يتم تكسير المواد الغذائية المعقدة بعملية الهـــضم Digestion إلى وحدات بسيطة يسهل امتصاصها عبر جدار جهاز الهضم مـــع بقيـــة العناصر الغذائية التي لا تحتاج إلى تكسير كالماء والأملاح والفيتامينات.

تختلف آليات التغذّي والهضم باختلاف الأنـــواع الحيوانيـــة. وسنقتـــصر الحديث على الهضم عند الثدييات.

يتألف جهاز الهضم عند الثدييات من أنبوب الهضم والغـــدد الملحقـــة بـــه (الشكل ٧٤)، وتتجلى وظيفته الأساسية في هضم الطعام وامتصاصه وطرد الجزء غير المهضوم من الغذاء إلى خارج الجسم. يتكون أنبوب الهضم من الفم والبلعوم والمريء والمعدة والأمعاء التي تفتح على الخارج عبر الشرج. وتتكون الغدد الملحقـــة بـــأنبوب الهضم من الغدد اللعابية والكبد والبنكرياس بالإضافة إلى الغدد المنتشرة فـــي جـــدار المعدة والأمعاء، وتتجلى وظيفتها الأساسية في إنتاج العصارات الهاضمة (كاللعـــاب والعصارات المعدية والبنكرياسية والمعوية والصفراء) التي تتكـــون مـــن الأنزيمـــات الهاضمة والأملاح والماء ومواد عضوية أخرى.



الشكل رقم (٧٤): مخطط القناة الهضمية وملحقاتها في الإنسان.

وفيما يتعلق بالأنزيمات Enzymes الهاضمة، يحوي اللعاب الذي تفرزه الغدد اللعابية على أنزيم الأميلاز اللعابي (Ptialine) الذي يحوّل النشاء والغليكوجين إلى سكريات ثنائية، وبالتحديد سكر المالتوز. و تشتمل العصارة المعدية على أنزيمات الببسين Pepsin التي تهضم البروتينات وتحولها إلى ببتيدات متعددة متفاوتة التعقيد. وتفرز خلايا الغدد الخارجية الإفراز للبنكرياس عدداً من الأنزيمات التي تهضم مختلف المركبات العضوية المعقدة كأنزيمات التربسين Trypsin والكيموتربسين Chymotrypsin والكاربوكسي ببيتيداز Carboxypeptidase التي تفكك البروتينات والببيتيدات المتعددة إلى حموض أمينية. وأنزيم الليباز الذي يفكك الدهون (الغليسيريدات الثلاثية) إلى غليسيرات أحادية وحموض دسمة. وأنزيم الأميلاز الذي يفكك النشاء والغليكوجين إلى مالتوز.

أما الصفراء Bile التي تفرزها خلايا الكبد فلا تشتمل على أنزيمات هاضـــمة، وإنما تحتوي على أملاح تعمل على تحويل الدهون إلى مستحلب يسهل مهاجمته مــن قبل أنزيمات اللبياز. وتشتمل الأمعاء على غدد تفرز أنزيمات مفككة للسكريات الثنائية كالمالتاز Maltase الذي يفكك المالتوز إلى غليكوز، والسكراز Sucrase الذي يحــول السكروز إلى غليكوز وفريكتوز، واللاكتاز Lactase الذي يحول اللاكتوز إلى غليكوز وغالاكتوز. وأنزيمات مفككة للبيبتيدات كأنزيم ديبيبتيداز Dipeptidase وأمينوبيبتيداز Aminopeptidase اللذان يفككان البيبتيدات الثنائية إلى حموض أمينية.

أما فيما يتعلق بامتصاص العناصر الغذائية المهضومة، فيتم ذلك فــي ســوية العفج والأمعاء الدقيقة، حيث تقوم خلايا جدار المعي في تلك المنطقتــين بامتــصاص المواد الغذائية المهضومة ونقلها إلى الدم واللمف اللذين يقومان بإيصالها إلــى جميــع خلايا الجسم.

تلعب الجملة العصبية المركزية والغدد الــصم دوراً منظمــاً بــإفراز الغــدد لمنتجاتها. فإفراز اللعاب يخضع لتنظيم عصبي. بينما يخضع إفراز العصارة المعديــة والبنكرياسية والكبدية لتنظيم عصبي وهرموني معاً. أما إفراز الغدد الموجــودة فــي جدار الأمعاء الدقيقة فيتم تنظيم إفرازها هرمونياً.



التجربة الأولى
الهضم الكيميائي

هدف التجربة :

دراسة مراحل هضم الغذاء عند الإنسان والكشف عن نواتج هضم السكريات المتعددة والدهون والبروتينات بطرائق كيميائية.

الأدوات المستخدمة :

محم مائي ـ ثلاجة ـ أنابيب اختبار ـ حامل أنابيب اختبار ـ صفيحة بورسلان ذات حجرات ـ ماصات مدرجة سعة (٥) مل ـ نشاء مطبوخ بتركيز ١% ـ محلول بياض بيض بنسبة (١) بياض بيض إلى (٨) أمثال ماء ـ بيض مسلوق ـ محلول أنزيم ببسين ٥% ـ محلول بنكرياتين ٥% ـ ماءات الصوديوم ١٠% ـ كبريتات النحاس ـ حمض كلور الماء ٠،١ نظامي بتركيز ١٠% ـ فحمات الصوديوم ١%.

طريقة العمل:

أولاً ـ <u>الهضم الفموي</u> : لدراسة عمل أنزيم الأميلاز اللعابي نتبع الخطوات التالية :

١ـ اجمع كمية من اللعاب في أنبوب اختبار تقدر بحدود (١٥) مل. يمكن تحريض الغدد اللعابية على إفراز المزيد من اللعاب بمضغ قطعة من المسكة أو البرافين .

٢ـ مدد اللعاب بكمية مماثلة من الماء، وامزج اللعاب بالماء وذلك برج أنبوب الاختبار ثم رشح المزيج باستعمال قطعة قطن أو طبقة مزدوجة من الشاش.

٣ـ خذ خمسة أنابيب اختبار ورقمها (١ـ٢ـ٣ـ٤ـ٥).

- ضع في الأنبوب الأول (٥) مل من مطبوخ النشاء بتركيز ١%، وأضف إليه كمية مماثلة من الماء، ثم ضعه في المحم المائي بدرجة (٤٠) درجة مئوية.
- ضع في الأنبوب الثاني (٥) مل من مطبوخ النشاء وأضف إليه كمية مماثلة من محلول اللعاب، وضعه في المحم المائي بدرجة (٤٠°)م .

- ضع في الأنبوب الثالث (٥)مل من مطبوخ النشاء المحفوظ في البراد، وأضف إليه كمية مماثلة من محلول اللعاب، ثم ضع الأنبوب في بيكر يحوي ثلجاً مكسراً.
- ضع في الأنبوب الرابع (٥) مل من مطبوخ النشاء وكمية مماثلة من محلول اللعاب الذي سبق له أن تعرّض للغليان، ثم نتركه ليبرد، ثم ضعه في المحم المائي.
- ضع في الأنبوب الخامس (٥) مل من مطبوخ النشاء ومقداراً مساوياً من اللعاب مع بضع قطرات من حمض كلور الماء(٠،١) نظامي، ثم ضعه في المحم المائي.

٤ــ ضع في كل حجرة من حجرات صفيحة البورسلان بضع قطرات من محلول ليغول الممدد عشر مرات، وخذ بضع قطرات من كل أنبوب من الأنابيب الخمسة وأضفها إلى محلول ليغول الموزع على خمسة حجرات مختلفة، وتُعرف درجة الهضم من خلال لون النشاء في كل عينة من العينات بحيث يدل تحول لون المزيج الملون من محلول النشاء والليغول من الأزرق إلى البنفسجي فالأحمر فالبرتقالي فعديم اللون على مدى تقدم عملية هضم النشاء. بوِّب النتائج برموز معينة كالتالي الأزرق (−) البنفسجي (+) الأحمر (++) البرتقالي(+++) عديم اللون (++++) وأعد هذه الخطوة من التجربة بعد (٥) دقائق، ثم كرر العمل نفسه عدة مرات كل خمس دقائق.

٥ــ اترك في الأنبوب الذي تمت فيه عملية الهضم حوالي (١) مل من المحلول وأضف إليه (٥) مل من محلول بندكت أو محلول فهلنغ (أ) و(ب) للكشف عن السكريات الأحادية، وعرّضه للغليان باستعمال مصدر لهب لمدة ٢−٣ دقائق ثم بردهما، وحدد لون الناتج في كل منها.

٦ــ فسّر النتائج اعتماداً على اللون، حيث يشير اللون في الخطوة الرابعة من هذه التجربة إلى وجود النشاء، في حين يشير اللون البنفسجي والأحمر والبرتقالي إلى جزيئات النشاء المقطعة إلى قطع أصغر فأصغر بدرجات متفاوتة حسب تدرج اللون من البنفسجي إلى الأحمر فالبرتقالي. أما عديم اللون فيدل على وجود

المالتوز. ويدل لون المحلول أو الراسب الآجري باستعمال الكاشف فهلنغ على وجود السكريات المرجعة (غليكوز ومالتوز).

ثانياً- الهضم المعدي:

لدراسة عمل أنزيم الببسين نتبع ما يلي:

١ــ خذ ستة أنابيب اختبار ورقمها (١-٢-٣-٤-٥-٦).

- ضع في الأنبوب الأول (٣) مل ماء وأضف إليه (٣) مل من ماءات الصوديوم بتركيز ١٠%، وبعد مزج المحلول جيداً أضف إليه بضع قطرات من محلول كبريتات النحاس بتركيز ١٠%.
- ضع في الأنبوب الثاني (٣) مل من محلول بياض البيض، ثم اكشف عن البروتين الموجود فيه بطريقة بيوريت Biuret test وذلك بإضافة (٣) مل من ماءات الصوديوم بتركيز ١٠%، وبعد مزج المحلول جيداً، أضف إليه محلول كبريتات النحاس بتركيز ١٠% نقطة فنقطة حتى يتغير اللون إلى البنفسجي. ويجب علينا في كل مرة نضيف فيها كبريتات النحاس رجّ الأنبوب جيداً ثم وزع المزيج في أنبوبين واترك الأول كشاهد وأضف إلى الثاني كمية قليلة من أنزيم الببسين مع كمية قليلة من حمض كلور الماء، وانتظر حوالي نصف ساعة، وأكشف عن البروتين مجدداً بطريقة بيورت كما سبق. هل تغير اللون؟ **فسّر النتائج.**
- ضع في الأنبوب الثالث (٥) مل من الماء وكمية مماثلة من حمض كلور الماء١،٠ نظامي.
- ضع في الأنبوب الرابع (٥) مل من محلول الببسين ٥% وكمية مماثلة من حمض كلور الماء ١٠%.
- ضع في الأنبوب الخامس (٥) مل من محلول الببسين ٥% الذي سبق وتعرض للغليان لمدة خمس دقائق ثم تم تبريده ومقداراً مماثلاً من حمض كلور الماء.
- ضع في الأنبوب السادس(٥) مل من محلول الببسين ٥% وكمية مماثلة من ماءات الصوديوم ١%.

أضف إلى كل أنبوب من الأنابيب الأربعة الأخيرة مكعبين صغيرين من بياض البيض المسلوق .وانقلها إلى محم مائي بدرجة حرارة (٤٠) درجة مئوية. **سجل النتائج في اليوم التالي، بوبها ثم فسّرها.**

ثالثاً ــ الهضم البنكرياسي:

للكشف عن فعالية أنزيمات البنكرياس في هضم البروتينات والدهون والسكريات نتبع خطوات العمل التالية:

١ــ للكشف عن البروتينات خذ ثلاثة أنابيب ورقمها (١-٢-٣).

- ضع في الأنبوب الأول (٥) مل من محلول البنكرياتين ومقداراً مماثلاً من محلول فحمات الصوديوم بتركيز ١%.
- ضع في الأنبوب الثاني (٥) مل من محلول البنكرياتين و(٥) مل من الماء.
- ضع في الأنبوب الثالث (٥) مل من محلول البنكرياتين و(٥) مل من حمض كلور الماء ٠،١ نظامي.

أضف إلى كل أنبوب من الأنابيب الثلاثة مكعبين صغيرين من آح البيض. وضع الأنابيب الثلاثة في محم مائي بدرجة حرارة (٤٠) درجة مئوية. ولاحظ التبدلات التي يمكن أن تحدث لآح البيض بعد مضي ساعة واحدة من الزمن. **سجل النتائج وفسّرها.**

٢ــ للكشف عن هضم السكريات ضع في أنبوب اختبار مقدار (٥) مل من محلول النشاء ١% وأضف إليه (١) مل من محلول البنكرياتين. وبعد عملية المزج ضعه في محم مائي بدرجة (٤٠) درجة مئوية. وخذ بعد مضي دقيقتين (١) مل من محلول النشاء، وجرب عليه محلول ليغول كما فعلت في تجربة الهضم الفموي. كرر العمل عدة مرات على مراحل كل دقيقتين. **سجل النتائج وفسّرها.**

وبعد إتمام عملية هضم النشاء، اكشف عن وجود السكريات الأحادية بأخذ (١) مل من محلول النشاء و(٥) مل من محلول فهلنغ(أ ــ ب) وعرضه للغليان على مصدر لهب. **سجل النتائج وفسّرها.**

٣ــ للكشف عن هضم الدهون خذ ثلاثة أنابيب اختبار ورقمها (١-٢-٣). وضع في كل منها (١) مل من الزيت أو (٣) مل من الحليب الطازج، وأضف عدة قطرات

من محلول أحمر الفينول إلى كل أنبوب، وامزج محتويات كل منها جيداً وذلــك برّج الأنبوب. أضف أحمر الفينول حتى يصبح لون السائل أحمر وردياً (وإذا لــم يكن الناتج أحمر وردياً أضف إلى المزيج قطرات من محلول ماءات الــصوديوم حتى يصبح لون المزيج أحمر وردياً).

أضف إلى الأنبوب الأول (٣) مل من محلول فحمات الصوديوم ١%. وأضف إلى الثاني (٣) مل من محلول البنكرياتين ومقداراً مماثلاً من محلول فحمات الصوديوم ١%. وأضف إلى الأنبوب الثالث (٣) مل من محلول البنكرياتين.

امزج المحلول في كل من الأنابيب الثلاثة جيداً وضعها في محم مائي بدرجــة حرارة (٤٠) درجة مئوية، وراقب تغير اللون في محتويات كل منها. ســجل الوقــت اللازم لتغير اللون من الأحمر إلى الأصفر في أحد الأنابيب. حيث يشير تغير اللــون في أحد هذه الأنابيب إلى وجود حمض دهني، وهو الذي ينتج عــن هــضم الــدهون. **سجل النتائج وفسّرها.**



التجربة الثانية

قياس معدل إفراز البنكرياس عند الأرنب

هدف التجربة:

قياس معدل إفراز البنكرياس في الحالة الطبيعية، ثم قياس معدل هذا الإفراز بعد زيادة حموضة العفج، ودراسة تأثير هرمون الإفرازين Secretin على الفعالية الإفرازية للبنكرياس.

الأدوات المستخدمة:

أرنب ــ يوريتان بتركيز ٥٠% ــ أنابيب بلاستيكية دقيقة ــ قثطرة وريدية ــ محاقن وابر حقن ــ خيطان وقطن ــ إفرازين (أمبولة تحتوي على ٤٠ وحدة عالمية) ــ حمض كلور الماء ٠,٠١ نظامي.

طريقة العمل:

أولاً ــ تحضير الحيوان للتجربة:

١ــ زن الحيوان وخدره وذلك بحقنه ضمن البيرتوان بمحلول اليوريتان بمعدل١,٥ غ/كغ من وزن الحيوان.

٢ــ وضع القثطرة الرغامية: ثبت الحيوان المخدر على لوح التشريح وبطنه باتجاه الأعلى، وقص الجلد على طول الخط المتوسط للرقبة بين الحنجرة والجزء العلوي من القفص الصدري. حرر الرغامى من الكتل العضلية المحيطة بها، ثم أدخل تحتها خيطاً واصنع منه عقدة رخوة. قص الرغامى قصاً غير كامل بين حلقتين غضروفيتين يسمح بإدخال القثطرة ضمن الرغامى باتجاه الرئتين، ثم شدّ عقدة الخيط الرخوة حول القثطرة.

٣ــ القثطرة الوريدية: اكشف عن الوريد الوداجي Jugular الأيمن الذي يمتد في الطبقات السطحية للعضلات على جانبي الرغامى. حرره بتأنٍ وأدخل تحته خيطاً واصنع منه عقدة رخوة في الجانب الأقرب إلى القلب. واصنع عقدة أخرى مشدودة بشكل جيد في الجانب الأقرب إلى الدماغ. قص جدار الوريد قصاً غير

كامل بين عقدتي الخيطين، وذلك لإدخال قثطرة وريدية باتجاه القلب. ثبت هذه القثطرة ضمن الوريد وذلك بشدّ العقدة الرخوة الموجودة فوقها. احقن الحيوان عبر هذه القثطرة حوالي (٠,٥) مل محلول فيزيولوجي وذلك للتأكد من وجود هذه القثطرة ضمن الوريد.

٤ــ القثطرة البنكرياسية : قص جلد الحيوان على طول الخط المتوسط البطني للمنطقة البطنية، وقص الكتل العضلية الموجودة تحتها، فتظهر الأمعاء في مكانها. فتش عن عروة العفج التي تعقب المعدة مباشرة، ثم ابحث عن القناة الجامعة الممتدة بين الكبد والعفج ضمن أغشية البيرتوان والتي تظهر بوضوح بالشفوف. حضّر حول هذه القناة في أقرب نقطة ممكنة من الكبد عقدة مشدودة بشكل جيد. وحضّر عقدة أخرى رخوة بالقرب من نقطة اتصال القناة بالعفج، وأجر قصاً غير كامل في هذه القناة في أقرب نقطة ممكنة من العفج يسمح بإدخال قثطرة بلاستيكية دقيقة باتجاه الكبد. شدّ العقدة الرخوة فوقها بشكل جيد، شرط السماح بمرور العصارة البنكرياسية عبرها (شكل ٧٥).



الشكل رقم (٧٥): تخطيط لبيان مكان تثبيت القثطرة البنكرياسية.

ثانياً ــ التجربة:

تسمح القثطرة البنكرياسية بالحصول على عصارة البنكرياس فقــط، لأن تــدفق العصارة الصفراوية سيتوقف في سوية عقدة ربط القناة الجامعة بالقرب مــن الكبــد. وبعد التأكد من سلامة العمل، اتبع ما يلي:

١ــ احسب معدل تدفق العصارة البنكرياسية في الحالة العادية وذلــك بقيــاس كميــة العصارة التي تسيل ضمن القثطرة كل خمس دقائق ولمدة نصف ساعة.

٢ــ اربط عروة العفج بالقرب من نهايتيه في أعلى وأسفل نقطة اتصال القناة الجامعة به، واحقن بداخله (٠,٥) مل من حمض كلور الماء الممدد. واحسب مجدداً معدل تدفق العصارة كل خمس دقائق ولمدة نصف ساعة، وقارنها مع النتيجة السابقة.

٣ــ اسحب محتوى عروة العفج من حمض كلور الماء بوساطة محقن وانتظر حتــى يعود تدفق العصارة إلى معدله الطبيعي. واحقن الحيوان بعد ذلك عبــر القثطــرة الوريدية (١) مل من محلول الافرازين، واحسب معدل تدفق العصارة من جديــد خلال نصف ساعة، وقارن النتيجة مع النتائج السابقة.

٤ــ وضح النتائج بمخطط بياني يُظهر معدل التدفق خلال الفترات الزمنية المختــارة (مثل على محور السينات الزمن بالدقائق، وحجم العصارة على محور العينــات مقدرة بالميليلتر).

٥ــ احسب حجم العصارة البنكرياسية التي يمكن أن تسيل خلال ساعة مــن الــزمن ضمن شروط التجربة، ويمكن الوصول إلى ذلك بقياس طول القثطرة البنكرياسية وقطرها الداخلي، وحساب كمية الإفراز خلال زمن التجربة والذي قدر بنــصف ساعة لكل مرحلة.فسر النتائج.

التجربة الثالثة

قياس معدل إفراز الكبد عند الأرنب

هدف التجربة:

قياس معدل إفراز الكبد العصارة الصفراوية في الحالة الطبيعية، ثم قياس معدل الإفراز بعد زيادة معدل الدهون في العفج، ودراسة تأثير هرمون الافرازين والأملاح الصفراوية على فعالية الكبد الإفرازية.

الأدوات المستخدمة:

أرنب ــ يوريتان بتركيز ٥٠%ــ افرازين ــ أنابيب بلاستيكية دقيقةــ قثطرة وريدية ــ محاقن وإبر حقن ــ قطن وخيطان ــ زيت.

طريقة العمل:

أولاًــ تحضير الحيوان للتجربة:

اتبع في ذلك خطوات العمل نفسها من(١ــ٣) في التجربة السابقة.ثم حضّر القثطرة الكبدية، وذلك بعد الكشف عن الأحشاء الداخلية للبطن، والكشف عن الحويصل الصفراوي. حضّر حول الحويصل الصفراوي أو القناة التي تصدر عنه عقدة خيط رخوة من جهة الكبد. ثم حضّر عقدة أخرى مشدودة على مسافة قصيرة منها.وأجر قصاً غير كامل للحويصل الصفراوي أو لقناته يسمح بإدخال قثطرة بلاستيكية دقيقة باتجاه الكبد. شدّ عقدة الخيط الرخوة فوقها بشكل جيد، شرط السماح بمرور العصارة الصفراوية عبرها.

ثانياً ــ التجربة:

تسمح لنا القثطرة الصفراوية المحضرة بالطريقة المذكورة أعلاه بالحصول على العصارة الكبدية فقط وجمعها. وبعد التأكد من سلامة العمل، اتّبع ما يلي:

١ــ احسب معدل تدفق العصارة الكبدية في الحالة العادية، وذلك بقياس كمية العصارة التي تسيل ضمن القثطرة كل خمس دقائق ولمدة نصف ساعة.

٢ــ احقن داخل العفج بالقرب من نقطــة اتــصاله بالمعــدة حــوالي (٢ــــ٣) مــل زيت.واحسب مجدداً معدل تدفق العصارة كل (٥) دقائق ولمدة نــصف ســاعة، وقارنها مع النتيجة السابقة.

٣ ــ احقن عبر القثطرة الوريدية وببطء حوالي (٣) مــل مــن محلــول بيكربونــات الصوديوم بتركيز ١%، واحسب معدل إفراز العصارة الكبدية من جديد كــل (٥) دقائق ولمدة نصف ساعة، وقارن النتيجة مع النتيجتين السابقتين.

٤ــ احقن عبر القثطرة الوريدية (١) مل من محلول الافرازين، واحسب معدل تــدفق العصارة الكبدية مجدداً كل (٥) دقائق ولمدة نصف ساعة، وقارن هذه النتيجة مع سابقاتها.

٥ــ وضح النتائج بمخطط بياني يُظهر معدل التدفق خلال الفترات الزمنية المختــارة (مثل على محور السينات الزمن بالدقائق، وحجم العصارة على محور العينــات مقدرة بالميليلتر). ثم احسب حجم العصارة الكبدية التي يمكن أن تــسيل خــلال ساعة من الزمن ضمن شروط التجربة، ويمكن الوصول إلى ذلك بقيــاس طــول القثطرة الكبدية وقطرها الداخلي، وحساب كمية الإفراز خــلال زمــن التجربــة والذي قدر بنصف ساعة لكل اختبار. فسر النتائج.


جامعة
حلب
١٩٥٨
UNIVERSITY
OF
ALEPPO

الباب السادس

الإطراح والتنظيم الحلولي

يتضمن الإطراح مجموع العمليات التي تعمل على تخليص الجسم من مخلفات الاستقلاب الهدمي، والتي تتكون بمعظمها من ثاني أكسيد الكربون والماء الزائد عن حاجة الجسم والأملاح وفضلات نيتروجينية كالبولة وحمض البول وغيرها من المواد الضارة التي يمكن أن تسمم المتعضية، وتؤدي إلى موتها إذا لم تبادر هذه الأخيرة إلى التخلص منها بعملية الإطراح Excretion. ويساهم في عمليات الإطراح عند فقاريات اليابسة عدد من الأعضاء كالجلد والكبد والرئتين والكليتين.

وتعد الكليتان kidneys عضوا الإطراح الأساس في الجسم واللتان تعملان على مدار الساعة في تصفية الدم وتخليصه من الماء الزائد والأملاح والمركبات النيتروجينية وغيرها من المواد، وبالتالي تساهمان في تنظيم التوازن المائي والملحي بين سوائل جسم الكائن الحي والوسط المحيط. وهما بذلك تجمعان بين وظيفتي الإطراح والتنظيم الحلولي Osmoregulation.

فمن المعروف أن حيوانات اليابسة تتعرض لخسارة مستمرة من الماء بسبب حياتها البيئية، وبما أن كمية السوائل في أجسامها تكون محدودة فيجب عليها حماية نفسها من فقدان الماء والأملاح. وتتم هذه الحماية بإعادة امتصاص جزء من الماء والشوارد التي تُرتشح مع الفضلات في الأنابيب البولية Nephrons للكلية تحت تأثير عوامل الضغط الحلولي وبتنظيم ذاتي عصبي وهرموني. فمعظم الشوارد التي تعبر إلى الكلية يعاد امتصاصها في الأنابيب البولية بآليات نقل فعال لتعود مجدداً إلى الدم، ويترافق امتصاصها مع إعادة امتصاص الماء بغية الحفاظ على الضغط الحلولي بين المصورة والسائل الموجود في أنابيب الكلية.

تبلغ نسبة إعادة امتصاص الماء في أنابيب الكلية في الحالات الطبيعية من (٩٠%) إلى (٩٩%) من حجم الماء المرتشح عبر كبيبات الأنابيب الكلوية وتختلف

هذه النسبة باختلاف الأنواع الحيوانية. ويحتجز القسم المتبقي من الماء المرتشح ضمن الأنابيب البولية لاحتوائها على مركبات إطراحية ذات قدرة حلولية عالية وغير قابلة للامتصاص من قبل هذه الأنابيب، فتطرح في حويضة الكلية ومنها إلى المثانة فخارج الجسم بعملية التبول، وهذا ما يعرف بالبوال الحلوليDiuresis osmotic.

وتخضع عملية إعادة امتصاص الماء في أنابيب الكلية إلى إشراف مراكز عصبية وهرمونات منظمة للضغط الحلولي في الوسط الداخلي للمتعضية. فالهرمون المضاد لإدرار البول Antidiuretic Hormone الذي يفرزه الفص الخلفي للغدة النخامية يلعب دوراً هاماً في هذا المجال. ويتعلق إفراز هذا الهرمون بتغيرات الضغط الحلولي للوسط الداخلي، فتناول كمية كبيرة من الماء يؤدي إلى خفض قيمة الضغط الحلولي، ويتثبط بالتالي إفراز الـ(ADH)، ويتناقص على أثر ذلك إعادة امتصاص الماء في أنابيب الكلية، وتزداد كمية البول المطروحة، وعلى العكس فإن زيادة الضغط الحلولي للوسط الداخلي والذي يحصل نتيجة منع الحيوان من تناول الماء لفترة من الزمن، أو نتيجة تناوله كمية من الأملاح تزيد عن حاجة جسمه يحث الغدة النخامية بآلية عصبية على إفراز المزيد من الـ(ADH)، فيرتفع معدل امتصاص الماء في أنابيب الكلية، ويصبح البول المطروح عندئذٍ مركزاً. ويرتبط معدل إعادة امتصاص شوارد الصوديوم في الأنابيب البولية بتوفر هرمون الألدوستيرون Aldosterone الذي تفرزه خلايا قشرة الغدة الكظرية.

نذكر أخيراً أن إعادة امتصاص الماء لا تقتصر على الكليتين فقط، بل تحصل في أماكن أخرى من الجهاز البولي (كالمثانة عند الضفدع على سبيل المثال). ويخضع عبور الماء والشوارد لجدار المثانة إلى تأثير هرمونات الغدة النخامية.

التجربة الأولى
البوال الحلولي عند الأرنب
(النفاذية والإطراح الكلوي)

هدف التجربة:

قياس معدل الإطراح الكلوي في الحالات الطبيعية، وقياسه بعد حقن الحيوان بمركب يتمتع بقدرة حلولية عالية كالمانيتول Mannitol الذي يرشح عبر الكلية وغير قابل للامتصاص من قبل أنابيبها، ومن ثم إثبات أن ارتشاح المواد المنحلة في الدم يتم بشكل اصطفائي في الكلية.

أدوات التجربة:

قثطرة رغامية ــ قثطرة شريانية ــ قثطرة مثانة ــ مادة مخدرة ــ محلول مانيتول بتركيز (١٠%) ــ محلول أحمر فينول Red phenol (Phenolsulfonphtaleine) بتركيز (٥٠٠مغ/ل) ــ محلول أزرق افانس Blue evans بتركيز (٥٠٠مغ/ل) ــ زجاجة ساعة ــ محقن وإبر حقن ــ قطن ــ خيطان ــ أرنب.

طريقة العمل:

أولاً ــ تحضير الحيوان للتجربة:

اتّبع خطوات العمل التالية:

١ــ **التخدير:** نستخدم في عملية التخدير محلول اليوريتان بتركيز (٥٠%) وبمعدل ١,٥غ/كغ من وزن الحيوان. زن الحيوان، واحسب كمية المادة المخدرة، واحقنها ضمن الجوف العام للحيوان، وانتظر حتى ينام.

٢ــ **تثبيت القثطرة الرغامية:** ثبت الحيوان المخدر في حوض التشريح وبطنه نحو الأعلى، وأجر قصاً طولياً للجلد على طول الخط المتوسط للرقبة بين عظم القص والحنجرة. ثم حرر الرغامى من كتلة العضلات المحيطة بها، وأدخل أسفلها

خيطاً، واصنع منه عقدة رخوة. اخزع الرغامى وأدخل القثطرة الرغامية باتجاه الرئتين ثم ثبتها في مكانها بشد عقدة الخيط فوقها.

٣ـ **تثبيت القثطرة الشريانية:** حرر الشريان السباتي في سوية الرقبة، وأمرر تحته خيطاً، وأعقده في الجانب الأقرب إلى الجذع، ثم ثبت عليه ملقطاً شريانياً في الجانب الأقرب إلى الرأس. اجرح بعد ذلك جداره جرحاً غير تام في نقطة واقعة بين الملقط وعقدة الخيط لنتمكن من إدخال قثطرة ذات سدادة باتجاه الدماغ. ثبت هذه القثطرة في مكانها بشّد عقدة الخيط حول القثطرة الشريانية.

٤ـ **تثبيت قثطرة المثانة:** قص الجلد قصاً طولياً على الخط المتوسط البطني بدءاً من الطرف الداخلي للزنار الحوضي ولمسافة(٥) سم تقريباً باتجاه الصدر، ثم قص العضلات البطنية الموجودة تحتها بغية الكشف عن المثانة. اجرح هذه الأخيرة في ذروتها جرحاً بسيطاً يسمح بإدخال قثطرة بلاستيكية مليئة بسائل فيزيولوجي، ثم أحط المثانة بخيط واصنع منه عقدة متينة حول القثطرة في أقرب نقطة ممكنة من الجرح.

ثانياً ـ التجربة:

١ـ قس معدل الإطراح البولي وذلك بعّد قطرات البول المفرزة من المثانة في الدقيقة الواحدة، وإذا كان الإفراز بطيئاً يُمكنك حساب الزمن الفاصل بين قطرتين. علماً أن القطرة الواحدة تزن حوالي(٢٠) مغ.

٢ـ احقن عبر القثطرة الشريانية (٣) مل من محلول المانيتول(١٠%) وقس مباشرة معدل الاطراح البولي خلال ربع ساعة من الزمن. وضّح النتائج بمخطط بياني يظهر معدل الإطراح (مثل على محور السينات الزمن مقدراً بالدقائق وعلى محور العينات معدل الإطراح مقدراً بالميليغرام بالدقيقة).

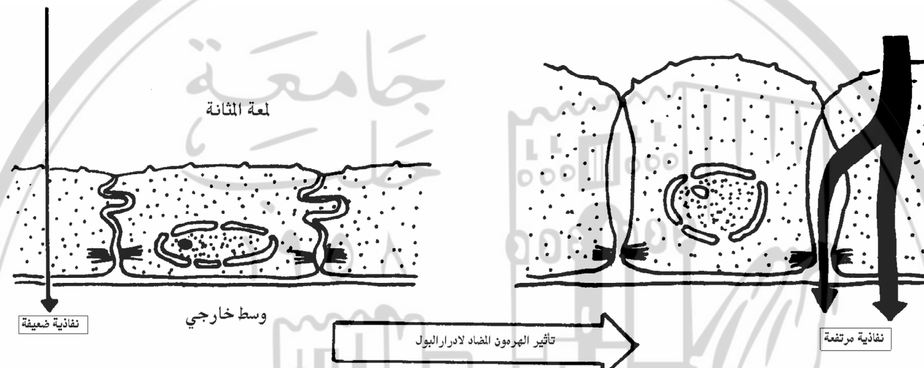
٣ـ احقن عبر الشريان السباتي (٣) مل من محلول مانيتول ١٠% إضافة إلى (٠,٥) مل خليط متساوي الكمية من محلولي أحمر فينول وأزرق ايفانس بتركيز ٥٠٠مغ/ل. واستقبل البول في زجاجة ساعة تحتوي على ماءات الصوديوم الممددة، ولاحظ أن أحمر فينول يظهر ضمن البول، في حين أن أزرق ايفانس لا يظهر في البول، أي أن المركب الأول يرشح بسهولة عبر كبيبات الأنابيب البولية للكلية بعكس المركب الثاني الذي لا يرشح عبرها.

ملاحظة: يصبح لون أحمر فينول لون أصفر برتقالياً إذا كان البول حمضياً، و أحمر إذا كان البول معتدلاً أو قلوياً.

التجربة الثانية
نفاذية جدار المثانة

هدف التجربة:

قياس معدل نفاذية جدار مثانة الضفدع للماء، وتأثير هرمونات الغدة النخامية على قوة النفاذية. لقد اخترنا مثانة الضفدع لإجراء هذه التجربة لبساطة تركيبها النسيجي حيث يتألف جدارها من طبقة خلوية واحدة (شكل ٧٦).



الشكل رقم (٧٦) تمثيل تخطيطي لخلايا مثانة الضفدع يبين آلية تأثير هرمونات الغدة النخامية على نفاذية هذه الخلايا للماء.

أدوات التجربة:

ميزان حساس ـ مضخة هوائية ـ بيكرـ زجاجة ساعة ـ محاقن وإبر حقن ـ ماء مقطر ـ سائل رينغر ـ أنبوبة بلاستيكية دقيقة ـ خيطان ـ ضفدع.

طريقة العمل:

١ـ قص رأس الضفدع بمقص عريض وذلك بإدخال أحد ذراعي المقص في فم الحيوان، واتركه يستقر في نهاية الفكين، ولامس الذراع الآخر بسطح الرأس في سوية غشائي الطبل، ثم قص الرأس واحتفظ به لرفع الغدة النخامية فيما بعد. خرّب النخاع الشوكي بإدخال دبوس في القناة الفقرية.

٢ـ ثبت الضفدع على لوح التشريح ووجهه البطني نحو الأعلى، ثم قص الجلد في المنطقة البطنية بحذر شديد لتحاشي تخريب المثانة الموجودة تحتها، وبالتحديد في منطقة العانة.

٣ــ أدخل خرطوم بلاستيكي دقيق ضمن المقذرة، ومنها إلى المثانة. ثم احقنها بوساطة محقن حوالي(٥) مل ماء مقطر، خلصها بعد ذلك بحذر شديد من حزم الأليـــاف الضامة التي تربطها بالمناطق القريبة من المقذرة. وقد يحدث فـــي كثيـــر مـــن الحالات أن يدخل رأس الخرطوم البلاستيكي ضمن المستقيم بدلاً من المثانة، وفي هذه الحالة يجب إحاطة المستقيم بخيط وعقده لمنع تسرب المـــاء المحقـــون فـــي الأمعاء، والسماح له بالدخول فقط إلى المثانة.

٤ــ أحط المثانة بالقرب من المقذرة بخيط متين طوله بحدود (٢٠) سم واعقده جيـــداً، ثم افصل المثانة المليئة بالماء المقطر كلياً عن جسم الحيوان بقصها خارج عقـــدة الخيط في منطقة اتصالها بالمقذرة، واصنع من نهايتي الخيط عقدة أخرى بحيـــث يأخذ شكل حلقة تساعدنا في تعليق المثانة أثناء وزنها بالميزان الحساس.

٥ــ ضع المثانة في بيكر يحوي سائل رينغر يتجدد أوكـــسجينه باســـتمرار بوســـاطة مضخة هوائية.

٦ــ ارفع المثانة من سائل رينغر بعد دقيقة واحدة من تغطيسها، ولامسها ثلاث مرات بظهر زجاجة ساعة للتخلص من السائل العالق بسطحها الخارجي، ثم زنها بعـــد تعليق خيط المثانة في الحامل المثبت أعلى البيكر الموجود في الميـــزان. ســـجل الوزن الأول إيذاناً ببدء التجربة، وأعد المثانة من جديد إلى سائل رينغر.

٧ــ كرر عملية وزن المثانة مرة كل خمس دقائق ولمدة ساعة كاملة بـــنفس طريقـــة الوزن التي اتبعتها سابقاً، وسجل في كل مرة وزن المثانة.

٨ــ اكشف عن دماغ الضفدع بتقشير عظام القحف، ثـــم استأصـــل الغـــدة النخاميـــة الموجودة في الناحية البطنية للدماغ، وضعها ضمن زجاجة ساعة تحـــوي علـــى قليل من محلول رينغر واهرسها جيداً برأس دبوس. أضف بعد ذلك خلاصة الغدة النخامية إلى البيكر الحاوي على المثانة وأعد الوزن مجدداً ثلاث مرات أخـــرى بنفس الفواصل الزمنية السابقة.

٩ــ وضح النتائج بمخطط بياني يظهر العلاقة بين معدل النفاذية والزمن بحيث يـــدل محور السينات على زمن التجربة بالدقائق، ومحور العينات على تغيـــرات وزن المثانة بالميليغرامات، والذي يدل على معدل النفاذية. فسّر النتائج.

المحاليل المستخدمة في تجارب الفيزيولوجيا الحيوانية

١ــ محلول رينغر الفيزيولوجي:

ويستخدم في جميع التجارب الخاصة بالضفادع ويتألف من:

ــ كلور الصوديوم $NaCl$ ٦,٥غ

ــ كلور البوتاسيوم KCl ٠,١٤غ

ــ كلور الكالسيوم $CaCl_2.2H_2O$ ٠,١٢غ

ــ بيكربونات الصوديوم $NaHCO_3$ ٠,٢٠غ

يضاف إلى المواد السابقة ماءً مقطراً بالقدر الذي يجعل من المجموع لتراً واحداً .

٢ــ المحاليل الخاصة بتجربة القلب المعزول من الضفدع :

أ ــ محلول رينغر

ب ــ محلول كلور الصوديوم بتركيز ٠,٨%: يؤخذ (٨) غ كلور الصوديوم ويضاف إليه ماءً مقطراً حتى يصبح الحجم الكلي لتراً واحداً.

جـ ــ محلول كلور الصوديوم وكلور الكالسيوم: يؤخذ $NaCl$ (٧,٩٤)غ و $CaCl_2.2H_2O$ (٠,١٥)غ يضاف إليهما من الماء المقطر القدر الذي يجعل منهما لتراً واحداً .

د ــ محلول كلور الصوديوم وكلور البوتاسيوم وكلور الكالسيوم:

تؤخذ المقادير التالية من : $NaCl$ ٧,٨٤غ

$CaCl_2.2H_2O$ ٠,١٥غ

KCl ٠,١٥غ

يضاف إليهم ماءً مقطراً حتى يصبح الحجم الكلي لتراً واحداً.

٣ــ محلول تيرود الفيزيولوجي:

يستخدم في جميع التجارب الخاصة بالأرانب، ويتألف من:

ــ كلور الصوديوم $NaCl$ ٨غ

ــ كلور البوتاسيوم KCl ٠,٢٠غ

ـ كلور الكالسيوم $CaCl_2$ ٠,٢٠غ

ـ كلور المغنزيوم $MgCl_2$ ٠,٠١غ

ـ بيكربونات الصوديوم NaHC3 ١غ

ـ فوسفات الصوديوم الثنائية Na_2HPO_4 ٠,٠٥غ

ـ غليكوز Glucose ١غ ويضاف قبل البدء بالتجربة مباشرة.

يضاف إلى المواد السابقة من الماء المقطر القدر الذي يجعل منها لتراً واحداً.

٤ـ محلول اليوريتان بتركيز ٥٠% لتخدير الأرنب:

وبمعدل ١,٥ غ من المادة المخدرة لكل كيلوغرام من وزن الحيوان: زن الحيوان واحسب كمية المادة المخدرة اللازمة، وحلّها في محلول تيرود ساخن (درجة حرارته بحدود ٤٠ درجة مئوية) بمعدل غرام واحد من المادة المخدرة في (٢) ميليلتر من المحلول الفيزيولوجي .

٥ـ محلول القلفونية:

يستخدم لتثبيت هباب الفحم على الورق بعد تسجيل المخططات:

نأخذ (١٠٠) غ قلفونية تجارية ونحلها في لتر من الكحول الإيتيلي، ويضاف إليهما قليل من عطر التربنتين لنحصل على تسجيل ذي لمعة.

٦ـ محلول هايم لتعداد الكريات الحمر:

ويتألف من:

ـ ثاني كلور الزئبق $HgCl_2$ ٢,٥ غ

ـ كبريتات الصوديوم Na_2SO_4 ٢٥غ

ـ كلور الصوديوم NaCl ٥غ

تحل هذه المواد في لتر واحد من الماء المقطر، ويرشح المحلول قبل أن يوضع للاستعمال.

٧ـ محلول جيمسا لصيغة الكريات البيض:

يضاف(١) غ من ملون جيمسا إلى (٦٦) مل من الغليسرين، ويوضع المزيج في حمام مائي حرارته (٦٠) درجة مئوية لمدة ساعتين. يضاف إليه بعد ذلك (٦٦)

سم٣ من الكحول الميتيلي، يخض المزيج جيداً ويترك لعدة أيام، ويخض المزيج ثانيـــة ثم يرشح.

وعند الاستعمال يمدد المحلول بالماء المقطر بنسبة (١) صبغة إلى (١٠) مـــاء مقطر.

٨ــ المحلول الموقي المستعمل في تحديد الصيغة الكروية:

ويتألف من:

ــ فوسفات بوتاسيوم ثنائي الهيدروجين KH_2PO_4 ١,٦٣غ

ــ فوسفات صوديوم أحادي الهيدروجين Na_2HPO_4 ٣,٢غ

تحل هذه المواد في لتر من الماء المقطر.

٩ــ محلول حمض الخل لتعداد الكريات البيض:

يحل(١) ميليلتر من حمض الخل الثلجي في (١٠٠) ميليلتر من الماء المقطـــر ويضاف إليهما (٠,١٠) غ من أزرق الميتلين.




جامعة
حلب
١٩٥٨
UNIVERSITY
OF
ALEPPO

المراجع العربية

١. الخطيب، محمد . وقمري، أحمد (١٩٩٦) الفيزيولوجيا الحيوانية العامة والمقارنة (الجزء الأول: وظائف التنسيق والحس والفاعلات) منشورات جامعة حلب.

٢. الخطيب محمد وقمري أحمد (٢٠٠٠) الفيزيولوجيا الحيوانية العامـــة والمقارنـــة (الجزء الثاني: وظائف التغذية) منشورات جامعة حلب.

٣. الخطيب محمد وعنجريني منار (٢٠٠٥) أساسيات علم الفيزيولوجيا الحيوانيـــة. منشورات جامعة حلب.

٤. القطب زياد وأبو سمرة رويدة (١٩٩٢) تمارين عملية في فيزيولوجيا الاتـــصال الحيواني. منشورات جامعة دمشق.

٥. هيكمان، س.؛ هيكمان، ف.؛ روبرتس، ف.(١٩٨٩) الأساسيات المتكاملة لعلـــم الحيوان.ـــ الدار العربية للنشر والتوزيع.


جامعة
حلب
١٩٥٨
UNIVERSITY
OF
ALEPPO

المراجع الأجنبية

1. BRESS, G.(1963) Morphologie et physiologie animales. Larousse.

2. FLANDROIS, R.; BRUNE,J.; WIE SENDANGER,T.(1976) Physologie humaine (Vol 2: La respiration). Villeurbanne: Simep-éditions.

3. LAMB,J.F.; INGRAM,C.G.; JOHNSTON,I.A.; PITMAN, R.M.(1992) Essentials of physiology. Blackwell scientific puplications: Oxford.

4. PELLET,M.V.(1977) Physologie humaine: Le milieu intérieur et le rein. Villeurbanne: Simep-éditions.

5. SILBERNGAL,S.; DESPOPOULOS,A.(1985) Atlas de poche de physiologie. Edition française préfacée par LAURENT, D. Paris: Flammarion.

6. VADOI,I.(1975) Physologie humaine (Vol 1:La circulation) Villeurbanne: Simep-éditions.


جامعة
حلب
١٩٥٨
UNIVERSITY
OF
ALEPPO

المصطلحات العلمية

-A-

Absolute refractory	استعصاء مطلق
Accommodation	المطابقة
Acetylcholine	أستيل كولين
Acidophile cells	خلايا ولوعة بالأسس
Achille tendon	وتر اشيل
Action potentials	كمونات الفعل
Adrenalin	أدرينالين
Afferent	واردة
Agglutinins	راصات
Agglutinogens	مولدات ارتصاص
Agranulocytes	كريات بيض عديمة الحبيبات
Aldosterone	الألدوستيرون
Allergy	الأرجية
All or Non	الكل أو العدم
Aminopeptidase	أمينو بيبتيداز
Antidiuretic Hormone	الهرمون المضاد لإدرار البول
Anticorps	الأجسام الضدية
Antigens	مولدات الضد

Arteries	شرايين
Atropine	أتروبين

-B-

Basophil cells	خلايا ولوعة بالأسس
Bile	الصفراء
Bioelectric	الكهرباء الحيوية
Bipolar cells	خلايا ثنائية القطب
Blood	الدم
Blood pressure	الضغط الدموي
Blue evans	أزرق إفانس
Brachial artery	شريان عضدي
Buffer	دارئات

-C-

Carboxypeptidase	كاربوكسي ببتيداز
Cardiograph	جهاز تخطيط القلب
Cardiac muscle	عضلة القلب
Capacity vitale	السعة الحيوية
Choroid	المشيمية
Chymotrypsin	الكيمو تربسين
Ciliary body	الجسم الهدبي
Circualatory system	جهاز الدوران
Compensatory pause	الراحة المٌعاوض

Conjunctiva	الملتحمة
Cones	المخاريط
Curare	الكورار

-D-

Depolarisation	نزع استقطاب
D-tubocurari	دي توبوكورارين
Diastole	انبساط القلب
Diastolic pressure	ضغط انبساطي
Diffusion	الانتشار
Digestion	الهضم
Dipeptidase	ديببتيداز
Diuresis osmotic	البوال الحلولي
Duration of shocks	تأثير الصدمات

-E-

Efferent	صادرة
Electrical impulses	دفعات كهربائية
Electrocardiography	تخطيط القلب الكهربائي
Electrocardiograph	جهاز تخطيط كهربائية القلب
Electrocardiogram	مخطط كهربائية القلب
Electrodes	المساري (أقطاب التنبيه)
Electromanetic	مغناطيسي كهربائي
Electrical synapses	المشابك الكهربائية

Enzymes	أنزيمات
Erythrocytes	كريات حمر
Excretion	الإطراح
Expiration	الزفير
Expiratory reserve volume	حجم الزفير الاحتياطي
Extrasystole	الانقباض الإضافي

-F-

Fovea centralis	اللطخة الصفراء
Free nerve endings	نهايات عصبية حرة
Frequency	التردد

-G-

Galamin	غالامين
Ganglion cells	خلايا عقدية
Gastrocnemius muscles	العضلة الساقية البطنية
Granulocytes	كريات بيض حبيبية

-H-

Heart	القلب
Hematocrite	الرسابة الدموية
Hemoglobin	خضاب الدم
Hemometre	هيمومتر
Heparin	هيبارين
Histamin	هيستامين

-I-

Immunnit	المناعة
Inspiration	الشهيق
Inspiratory reserve volume	حجم الشهيق الاحتياطي
Intencity	الشدة
Iris	القزحية

-J-

Jugular	وداجي

-K-

Kidneys	الكليتان
Kraus end bulbs	بصيلات كراوس
Kymograph	كيموغراف

-L-

Lactase	لاكتاز
Lactic acid	حمض اللبن
Lens	العدسة
Leucocyt	الكريات البيض
Lymphocyte	خلايا لمفاوية

-M-

Maltase	مالتاز
Manuel	يدوي
Mannitol	مانيتول

Margenal veine	الوريد الهامشي
Mastoid process	النتوء الخشائي
Meisneir's corpuscules	جسيمات مايسنر
Merkel disks	أقراص ميركل
Monocyts	الوحيدات
Motoneurons	عصبونات محركة
Motor end plates	اللوحة المحركة الانتهائية
Motor paralysis	الشلل الحركي
Muscules	العضلات

-N-

Nephrons	أنابيب الكلية
Nerve siatic	العصب الوركي
Neutrophils	خلايا ولوعة بالمعتدل
Nodal tissue	نسيج عقدي

-O-

Olfaction	الشم
Osmotic pressure	الضغط الحلولي
Osmoregulation	التنظيم الحلولي
Oxytocine hormone	هرمون الأوكسيتوسين

-P-

Pacemaker	العقدة ناظمة الخطى
Pacinian corpescules	جسيمات باشيني

Parasympatic system	الجملة شبه الودية
Pepsin	الببسين
Pericardium	غشاء التامور
Phgocytosis	البلعمة الخلوية
Plasma	المصورة
Plateletes	الصفيحات
Polarisation	استقطاب
Ptialine	بتيالين (أميلاز لعابي)

- R-

Receptor cells	خلايا حسية
Red phenol	أحمر فينول
Reflexs	المنعكسات
Repolarisation	عودة استقطاب
Respiration	التنفس
Respiratory centre	مركز التنفس
Residual volum	الحجم الباقي
Retina	الشبكية
Rods	العصي
Rotation receptors	مستقبلات الفتل
Rhesus factor	عامل ريزوس
Ruffini corpuscules	جسيمات روفيني

-S-

Sclera	الصلبة
Secretin	الافـرازين
Serotonin	السيروتونين
Seuil	عتبة
Skeletal muscles	العضلات الهيكلية
Smooth muscles	العضلات الملساء
Sphygmotensiometre	جهاز الضغط الدموي
Spirometre	مقياس التنفس
Spontaneous	ذاتي
Stannius ligatures	ربطات ستانيوس
Striated muscles	العضلات المخططة
Stethoscope	مسماع طبي
Stimuli	منبهات
Sucrase	سكراز
Sympatic system	الجملة الودية
Systole	انقباض القلب
Systolic pressure	ضغط انقباضي

-T-

Tapetum	البساط
Taste	التذوق
Tetanus	التكزز
Thromboxane	الترمبوكسان

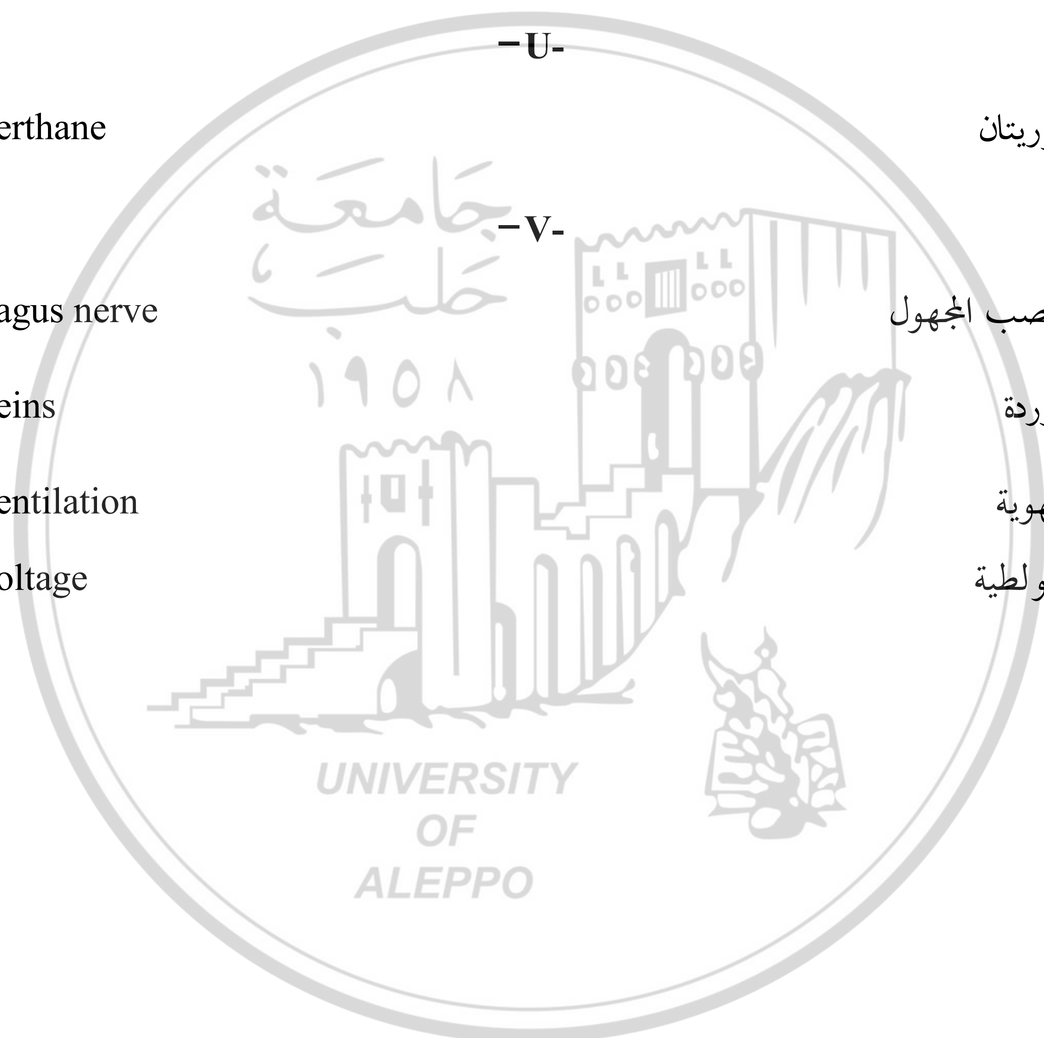
Tidal volume	الحجم المدي
Tonus	المقوية
Trypsin	التربسين
Tuning fork	الشوكة الرنانة
Twitch	النفضة العضلية

-U-

Uerthane	اليوريتان

-V-

Vagus nerve	العصب المجهول
Veins	الأوردة
Ventilation	التهوية
Voltage	الفولطية



تم تدقيق الكتاب علمياً من قبل :

الدكتور	الدكتور	الدكتور
محمود كروم	**محمود قاسم**	**عبد الجليل غريواتي**



المدققة اللغوية

الدكتورة سحر عقاد